

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE TITRE D'INGÉNIEUR-DOCTEUR

PAR

Jean-Claude LUGOL

PREMIÈRE THÈSE

Couplage d'un calculateur en temps réel
à un ensemble expérimental de détection

DEUXIÈME THÈSE

Propositions données par la Faculté

Soutenues le 19 Juin 1967 devant la Commission d'examen

MM. GRIVET

Président

DEBRAINE

PICINBONO

CHAMINADE

} Examineurs

Invité

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE TITRE D'INGÉNIEUR-DOCTEUR

PAR

Jean-Claude LUGOL

PREMIÈRE THÈSE

Couplage d'un calculateur en temps réel
à un ensemble expérimental de détection

DEUXIÈME THÈSE

Propositions données par la Faculté

Soutenues le 19 Juin 1967 devant la Commission d'examen

MM. GRIVET

Président

DEBRAINE

PICINBONO

CHAMINADE

} Examineurs

Invité





TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	7
CHAPITRE I -	9
1 - Ensemble expérimental de détection utilisé autour du cyclotron à énergie variable.	9
a - Chaînes de détection	9
b - Analyseurs multicanaux BM 96 Intertechnique	11
2 - Emploi d'un calculateur numérique en ligne	13
a - Représentations utiles en physique nucléaire	13
b - Avantages de l'emploi d'un calculateur	17
3 - Techniques générales d'acquisition et de traitement des données par un calculateur numérique en ligne	17
a - Collection des données	17
b - Rangement des données ou stockage	18
c - Traitement des données	18
d - Partage de temps	18
CHAPITRE II -	21
1 - Caractéristiques essentielles du calculateur C90 - 10	21
2 - Interfaces.	23
a - Coupleur	24
b - Postes locaux	24
c - Programmation des EOM.	26
d - Description de l'interface EOM/SES	28
CHAPITRE III -	33
1 - Unité de visualisation simplifiée	33
2 - Unité de visualisation spécifique pour un calculateur C90 - 10	33
a - Principe	33
b - Première unité de visualisation réalisée au laboratoire	37
3 - Système plus général	38
a - Principe	38
b - Unité centrale	43
c - Eléments de contrôle et circuits de l'ensemble local de visualisation	45

CHAPITRE IV	47
(Description du système central)	
1 - Registre contrôle	49
a - Constitution du mot de contrôle	49
b - Chargement du mot de contrôle	49
c - Constitution du registre contrôle	49
2 - Décodage des gammes et des modes	50
a - Décodage des gammes d'extension X Y et des gammes de cadrage du contenu	50
b - Répartition des gammes d'extension	52
c - Décodage des 8 modes de visualisation	52
3 - Générateur de séquences	57
a - Constitution du registre à décalage	57
b - Matrice de programmation des décalages	59
c - Initialisation du registre	59
d - Equations logiques de la matrice de programmation des décalages	61
e - Exemples de fonctionnement	61
4 - Registre compteur de reconstitution d'adresses	63
a - Description	63
b - Problème particulier à ce registre	66
c - Signal d'avance du registre compteur	66
d - Signal d'intensification du Wehnelt	69
e - Elaboration du signal P'_4	69
f - Fonctionnement général du registre	72
g - Matrices de cadrage des gammes d'extension X et d'extension Y	72
5 - Registre contenu	75
6 - Signaux de sortie de l'unité centrale de visualisation	78
CHAPITRE V	81
1 - Exemple de fonctionnement	81
2 - Programmation	85
a - Programmation du système de visualisation	85
b - Programmation du premier système	85
3 - Expériences de diffusions élastique et inélastique de protons polarisés	87
a - Description de l'électronique de détection utilisée dans les expériences de diffusions de protons polarisés	88
b - Stockage associatif employé dans l'expérience	90
c - Programmes d'acquisition et de traitement en temps réel utilisés pour les expériences de diffusions élastique et inélastique de protons polarisés	91
d - Exemple de programmes de sélection de particules	97
CONCLUSION	101
REFERENCES	103
LEGENDE DES FIGURES	105

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier Monsieur GRIVET d'avoir accepté la présidence du jury et Messieurs DEBRAINE et PICINBONO d'avoir bien voulu en être les membres.

Je remercie Monsieur THIRION de m'avoir permis de poursuivre mon travail au Service de Physique Nucléaire à Moyenne Energie.

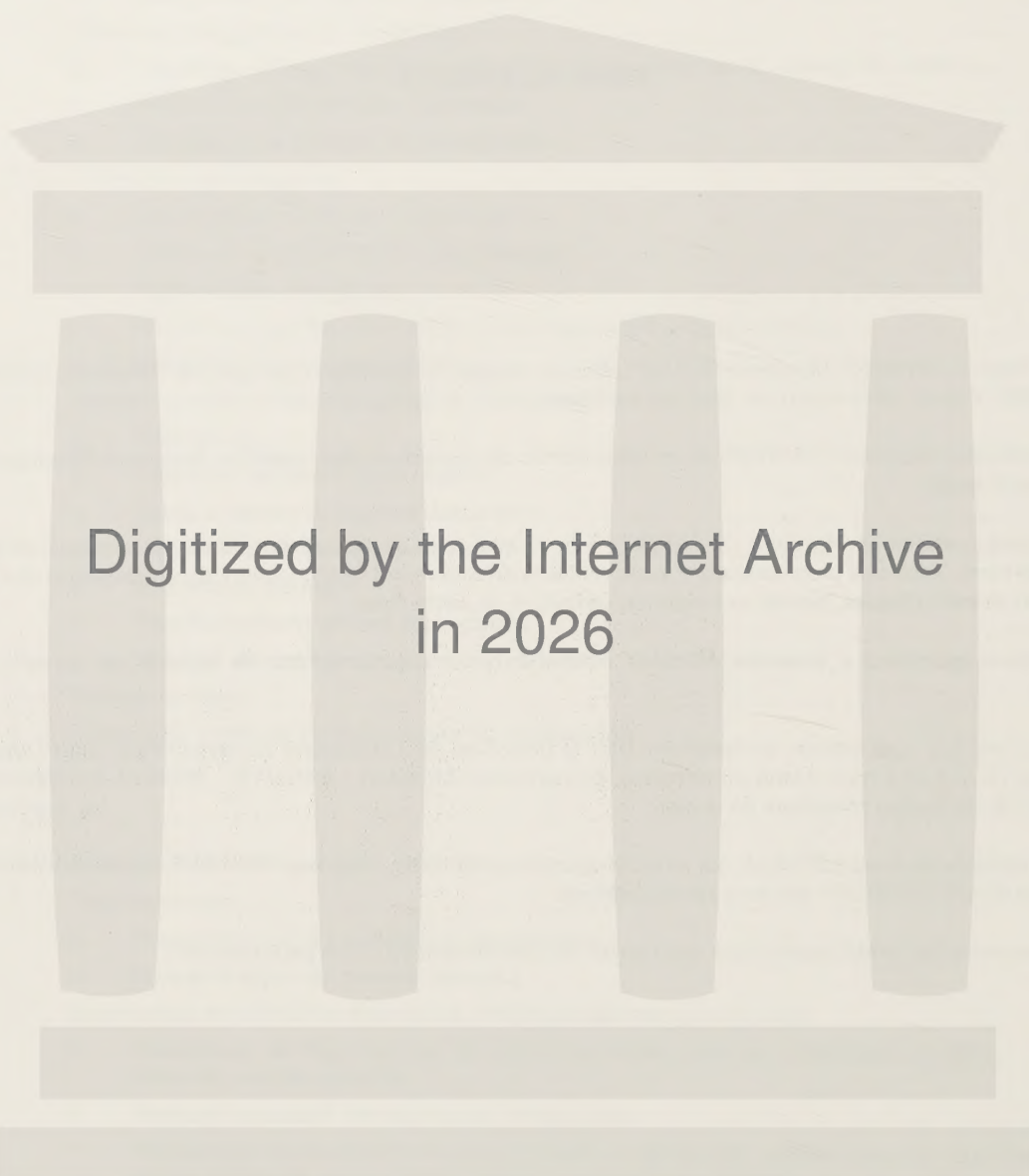
Je tiens à remercier Monsieur CHAMINADE de m'avoir pris au sein de son équipe et prodigué ses encouragements constants. Je lui suis reconnaissant d'avoir toujours orienté mon travail au cours de sa réalisation et d'avoir, par ses conseils et ses critiques, permis la rédaction définitive de cette thèse.

Je tiens également à remercier Monsieur FAIVRE qui m'a apporté, par ses idées et ses conseils, une aide précieuse.

Qu'il me soit aussi permis de remercier tout le personnel du Laboratoire d'Electronique, pour l'amicale compréhension qu'il a eu à mon égard. Je remercie, en particulier Messieurs LEBOUTET, MENIEL et SINQUIN qui ont collaboré à la réalisation matérielle du projet.

Je remercie Madame LE FOLL qui a dactylographié cette thèse, Monsieur PRUNIER qui en a réalisé les figures et Madame GUGENBERGER qui en a assuré l'édition.

Ce travail a été rendu possible par une bourse du Commissariat à l'Energie atomique.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549002_0025

INTRODUCTION

En physique nucléaire, les problèmes expérimentaux peuvent être classés dans les groupes suivants :

1. **Calculs avant ou après expérience.**
2. **Contrôles des systèmes expérimentaux.** Réglages des tensions, des courants, des angles, contrôle des températures.
3. **Collection de l'information nucléaire.** Par exemple : les informations analogiques impulsionnelles sortant des amplificateurs des chaînes de détection après leur conversion analogique numérique
4. **Analyse de l'information collectée.**

Les problèmes classés dans les premier et quatrième groupes sont depuis longtemps traités avec l'aide des centres de calcul électronique, tandis que les contrôles expérimentaux et la collection des informations nucléaires sont encore réalisés fréquemment par des circuits câblés spécialisés, entre autres, des analyseurs multicanaux pour la collection des données analogiques impulsionnelles ou des systèmes de mesure des coordonnées des photographies de chambre à bulles, etc...

Depuis 1962, Messieurs BRUN, VEROUST et VICTOR, à Orsay (1), ainsi que d'autres laboratoires (Chalk River, Brookhaven, Iowa) (2,3), ont introduit l'utilisation de calculateurs numériques en ligne pour la collection des données et le contrôle expérimental. Le ordinateur est, dans ce cas, en ligne avec l'expérience et constitue un maillon de la chaîne d'instrumentation.

Cette tendance s'affirme de plus en plus avec les progrès techniques et la baisse de prix des calculateurs.

Pour inclure "en ligne" un ordinateur, il est nécessaire de réaliser un certain nombre d'éléments périphériques de couplage, constituant ce que l'on appelle les **interfaces**. Ce travail a absorbé la plus grande partie de notre activité et ce domaine tiendra une grande place dans notre exposé. Pour situer l'emploi du ordinateur dans les expériences, nous allons décrire le système expérimental auquel il va être couplé.

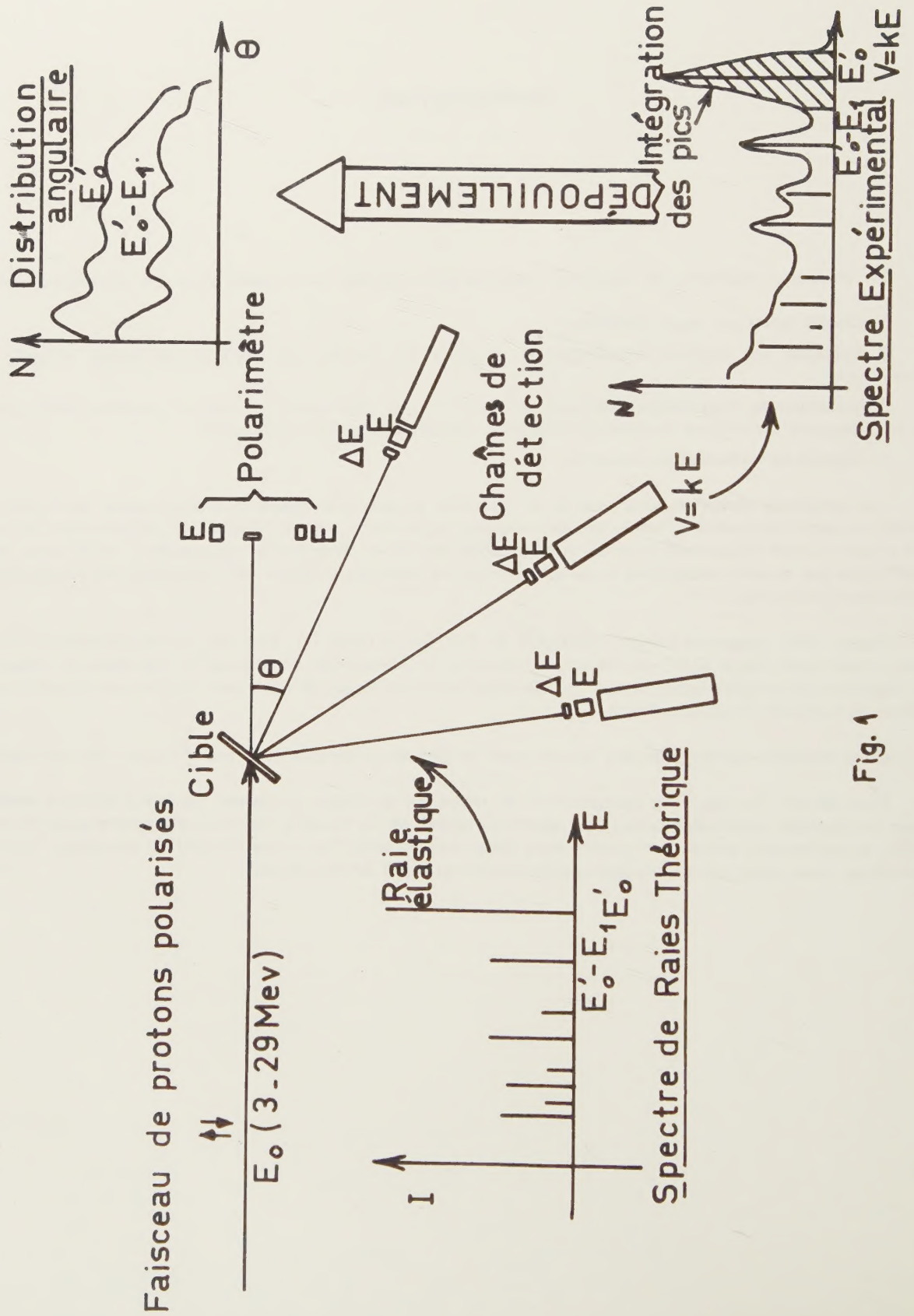


Fig. 1

CHAPITRE I

1 - ENSEMBLE EXPERIMENTAL DE DETECTION UTILISE AUTOUR DU CYCLOTRON A ENERGIE VARIABLE.

Le cyclotron à énergie variable permet d'obtenir des faisceaux de protons polarisés avec inversion périodique de la polarisation, la période de l'horloge pilote étant ordinairement réglée entre 0,1 et 10 s, suivant les expériences. L'énergie du faisceau de protons étant comprise entre 3 MeV et 29 MeV.

Les principales expériences réalisées sont des expériences de diffusions élastique et inélastique de protons polarisés ⁽⁴⁾, des mesures des paramètres de corrélation de spin dans la diffusion proton-proton ⁽⁵⁾ ainsi que des expériences de spectrométrie nucléaire à haute résolution ⁽⁶⁾.

Pour réaliser les expériences, on focalise le faisceau monoénergétique de particules accélérées par le cyclotron sur la cible mince du corps dont on veut étudier le noyau. On cherche généralement à connaître la distribution angulaire de l'intensité du rayonnement diffusé par un niveau particulier du noyau.

La détection de particules diffusées est réalisée par des détecteurs au silicium entourant la cible. A chaque angle ainsi défini correspond une chaîne élémentaire de détection, (figure 1).

Le physicien cherche à obtenir un spectre d'énergie, correspondant aux niveaux du noyau cible. Il faut étudier la variation de l'intensité de diffusion de chaque niveau en fonction de l'angle de détection.

Le spectre expérimental obtenu n'est pas le spectre de raies théorique, car il faut tenir compte de la résolution en énergie du faisceau et de la résolution de l'électronique de détection. Mais il y a correspondance entre l'intensité théorique d'une raie et le résultat obtenu en intégrant l'intensité du pic correspondant à cette raie. Avant de procéder au tracé de la distribution angulaire du rayonnement, il faut donc procéder à l'intégration des pics intéressants.

A - Chaînes de détection ⁽⁷⁾

Une chaîne de détection élémentaire, représentée sur la figure 2, utilise, en général, deux détecteurs à jonction au silicium, superposés. Le premier détecteur, nommé ΔE , est assez mince pour être traversé par les particules avec une perte relative d'énergie inférieure à la moitié ; le second, appelé E, présente une zone désertée assez grande pour arrêter les particules les plus énergiques. Un préamplificateur est immédiatement associé à chacun de ces détecteurs et l'information est transmise par un câble coaxial, d'une trentaine de mètres de longueur, dans la salle de mesures. Chaque câble attaque un discriminateur sensible (DBN) fournissant un signal de **présence** quand une particule excite le détecteur correspondant. Ce signal permet l'identification du numéro de la chaîne élémentaire dans les expériences utilisant plusieurs chaînes de détection.

Par ailleurs, les impulsions sortant de chaque câble sont aussi couplées à chacune des deux entrées E_1 et E_2 d'un amplificateur linéaire AL. En sortie de cet amplificateur, on recueille une impulsion dont l'amplitude est proportionnelle à la somme de chacune des impulsions simultanées apparaissant sur les entrées E_1 et E_2 . L'amplitude de l'impulsion de sortie est proportionnelle à l'énergie de la particule.

Ces amplificateurs comprennent un circuit de mise en forme temporelle par intégration et dérivation de même constante de temps égale à $1\mu s$. Un circuit-porte linéaire PL, normalement fermé, empêche la sortie des impulsions. Le signal d'ouverture de porte est fourni par coïncidence dans le circuit "ET" des deux signaux délivrés simultanément par les deux discriminateurs DBN quand une particule a excité les deux détecteurs.

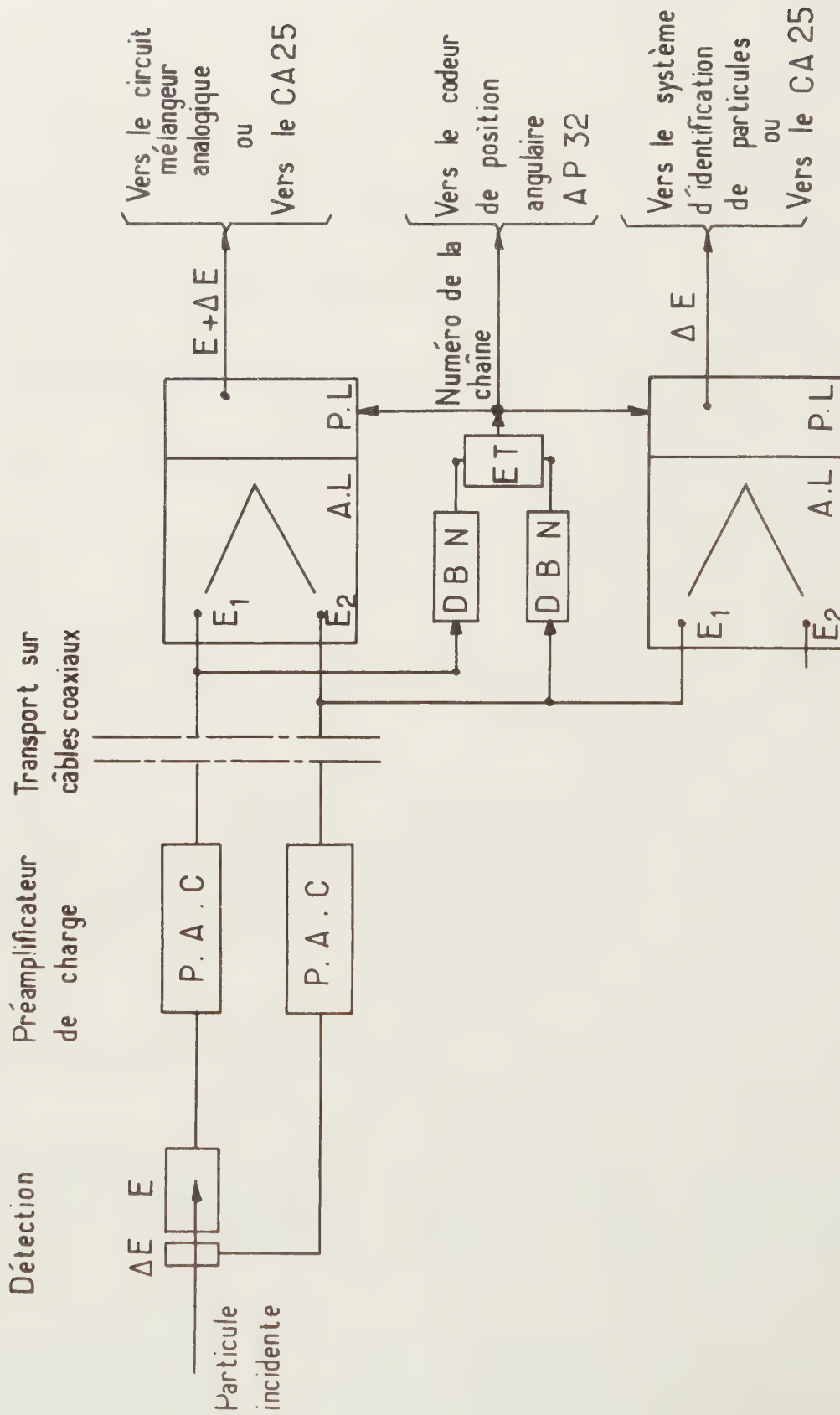


Fig. 2

Avec les informations de chaque chaîne, nous formons le descripteur de l'événement sous forme numérique pour être exploité, par un analyseur multicanaux BM 96 Intertechnique, afin de constituer des spectres d'énergie.

Dans le cas où il y a plusieurs chaînes de détection, c'est-à-dire plusieurs angles, les sorties des portes linéaires terminant chaque chaîne élémentaire sont connectées en entrée d'un circuit sommateur analogique. En sortie de celui-ci, on trouve donc les impulsions provenant de l'une quelconque des chaînes de détection.

L'analyse des impulsions analogiques sortant, par exemple, de ce circuit sommateur, est réalisée en utilisant les techniques de traitement numérique.

Un convertisseur analogique numérique CA 25 Intertechnique fait correspondre, à une impulsion analogique, une information numérique codée en binaire parallèle pur. Cette information numérique correspond à l'amplitude de l'impulsion, donc à l'énergie totale de la particule arrêtée par les détecteurs. L'information constitue une partie du descripteur de l'événement.

Il faut compléter ce descripteur, dans le cas présent où il y a plusieurs chaînes de détection, par une information codée en binaire représentant le numéro de la chaîne de détection, c'est-à-dire l'angle définissant cette chaîne. C'est à l'aiguilleur AP 32 Intertechnique de réaliser le codage.

Les informations de position angulaire sont fournies par la coïncidence des signaux délivrés par les discriminateurs DBN de chaque chaîne. A chaque entrée de l'aiguilleur AP 32 correspond donc une chaîne de détection. L'aiguilleur assume, en outre, le rejet d'informations simultanées ou trop proches sur les voies d'entrée pour lever les ambiguïtés de codage en énergie.

L'ensemble des informations binaires du convertisseur et de l'aiguilleur constitue le descripteur. Il peut être éventuellement complété par un bit qui représente le sens de polarisation du faisceau incident et par les bits représentant le code binaire donné par le système d'identification de particules. Nous pouvons voir la disposition de l'ensemble sur la figure 3.

Les expériences de spectrométrie nucléaire se distinguent des autres par l'emploi d'un aimant d'analyse à 180° et d'une chambre à étincelles située sur la focale de l'aimant. L'impulsion analogique de localisation de l'étincelle dans la chambre est analysée de la même façon que les impulsions de la chaîne de détection par un convertisseur analogique CA 25. On obtient ainsi le descripteur binaire de la position de l'étincelle, ce qui correspond à l'énergie de la particule qui a créé l'étincelle.

Le temps peut être, lui aussi, un paramètre converti en numérique qui entre dans la composition d'un descripteur.

B - Analyseurs multicanaux BM 96 Intertechnique.

Ce sont des organes de classement des informations numériques, utilisés pour dénombrer les événements de même descripteur (en général de même énergie) qui sont ainsi comptés dans le canal correspondant : c'est le mode de rangement avec incrémentation. Ces analyseurs comportent essentiellement :

- Une mémoire à tores de ferrite de 4096 mots de 20 bits dans le système décimal codé binaire. Le cycle mémoire a une durée de $16 \mu s$: chaque mot correspond à un canal ;
- Un programme câblé de traitement de l'information ;
- Un système de visualisation qui présente, sous forme analogique sur un oscilloscope, le contenu de chaque canal ;
- Un canal de sortie de l'information soit sur bande perforée à 8 moments, soit sur imprimante.

a) Déroulement du programme d'entrée d'une information.

L'entrée en mémoire se fait en code binaire parallèle pur, par connexion avec les lignes présentant le descripteur à classer. L'arrivée d'un descripteur déclenche l'interruption du programme de visualisation (tâche de fond du programme câblé) et branche le programme câblé, unique, incrémentant d'une unité le contenu du canal ayant le descripteur comme adresse.

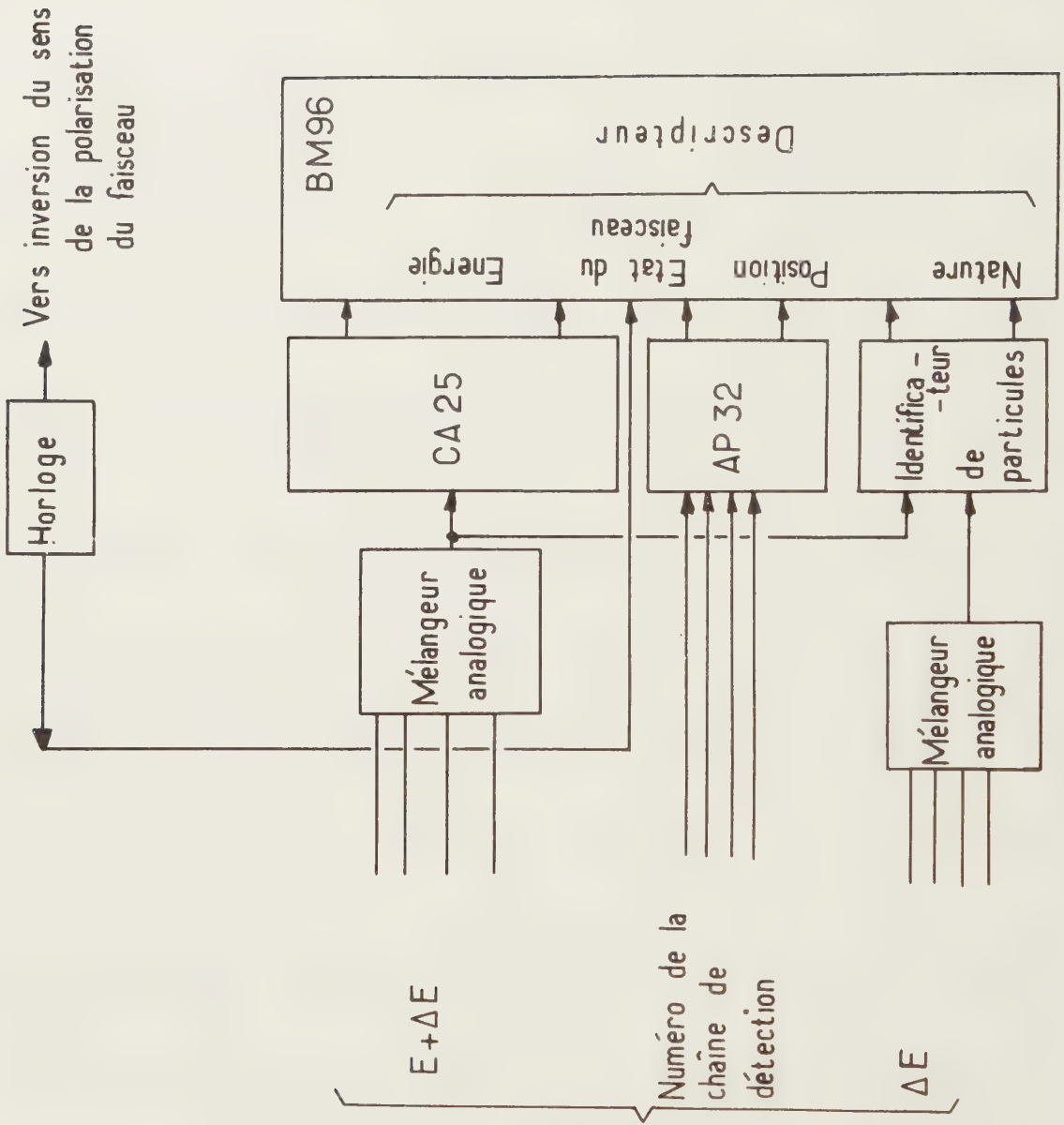


Fig.3

Venant des diverses chaînes
élémentaires de détection

b) Système de visualisation.

Le système présente, sur un tube à rayons cathodiques, le résultat de la conversion analogique du contenu de chaque canal, pour permettre le contrôle des données en acquisition.

La présentation la plus fréquente consiste en une courbe constituée de points, à raison d'un point par canal, dont l'abscisse est proportionnelle à l'adresse du canal et dont l'ordonnée est proportionnelle à son contenu. On présente ainsi "un spectre" dans le cas où l'adresse du canal représente une valeur particulière d'énergie. L'origine et l'extension de la zone sont déterminées par des commutateurs. La mémoire de l'analyseur peut être ainsi visualisée par tranches multiples de 256 canaux. Des repères de points particuliers, par surbrillance, sont souvent adjoints. L'adresse de ces points est également contrôlée par des commutateurs. Tout ce système, programmé de façon fixe à partir de commutateurs, comporte toutes les fonctions d'interfaces nécessaires au bon déroulement du programme câblé (ordre de début de programme venant du convertisseur, ordre de fermeture des portes). Toutes ces fonctions sont internes au système. Ce genre de visualisation permet d'obtenir un spectre simple. Il n'y a eu aucun traitement de l'information avant sa présentation.

c) Dépouillement des spectres expérimentaux, en vue d'obtenir une distribution angulaire.

Le dépouillement de l'information précédemment acquise doit pouvoir être réalisé pendant la mesure suivante. Ce travail en temps différé ne peut être traité avec le même analyseur qui assure, comme seule tâche de fond, la visualisation. Cette autre tâche de fond est donc réalisée par un ensemble de relecture de bande perforée, utilisant un autre analyseur multicanaux. Celui-ci en liaison avec des unités périphériques permet l'intégration des pics correspondants aux niveaux dont on veut trouver la distribution angulaire.

Dans les cas, plus complexes, le dépouillement se fait avec l'aide des centres de calcul. Le canal de sortie du BM 96 est équipé soit d'une imprimante pour le traitement local des résultats, soit d'une perforatrice de bandes pour une exploitation différée des résultats, y compris par le centre de calcul.

d) Limitation de la capacité de mémoire du BM 96.

Dans les expériences de diffusion de protons polarisés, l'étude de l'asymétrie porte jusqu'à maintenant sur 8 angles de détection. L'utilisation de la totalité de la mémoire du BM 96 ne nous laisse donc, pour un angle donné et pour un sens de polarisation du faisceau donné, qu'un spectre de 256 canaux, ce qui est juste suffisant.

Les nouvelles expériences de diffusion vont être faites simultanément à 16 positions angulaires. **Il est donc nécessaire d'avoir un organe de stockage dont la zone de mémoire soit plus importante que celle du BM 96.** De plus, il est intéressant de centraliser les contrôles fournis par les chaînes de détection relatives au polarimètre et au moniteur de faisceau.

Le polarimètre sert à la normalisation des expériences et au contrôle de la polarisation du faisceau, le moniteur mesure l'intensité du faisceau. Les informations numériques correspondantes sont envoyées actuellement sur des groupes d'échelles commutées par l'horloge d'inversion de la polarisation. Il apparaît donc que l'analyseur BM 96 devient insuffisant en capacité de mémoire.

2 - EMPLOI D'UN CALCULATEUR NUMERIQUE EN LIGNE

A - Représentations utiles en physique nucléaire

Pour les expériences où le nombre de paramètres est très important, il peut être intéressant de représenter l'expérience sous plusieurs formes, en faisant apparaître les événements corrélés. Dans un grand nombre d'expériences de physique nucléaire, il est intéressant de déterminer plusieurs grandeurs caractéristiques des particules. Par exemple, pour une même particule, on veut connaître à la fois sa nature et son énergie.

Le physicien a souvent besoin de représenter l'expérience en trois dimensions : soit en perspective cavalière ou en projection avec intensification des pics. C'est alors la représentation multiparamétrique. Par exemple : On peut procéder au contrôle global de la nature des particules présentes dans une réaction, en portant sur l'axe des x, l'énergie totale E et sur l'axe des y, l'énergie laissée dans un détecteur mince à perte d'énergie, l'intensité du comptage modulant la brillance des points de l'oscilloscope. On peut vouloir aussi contrôler la cinématique de deux particules corrélées.

La figure 4 donne des exemples de représentation.

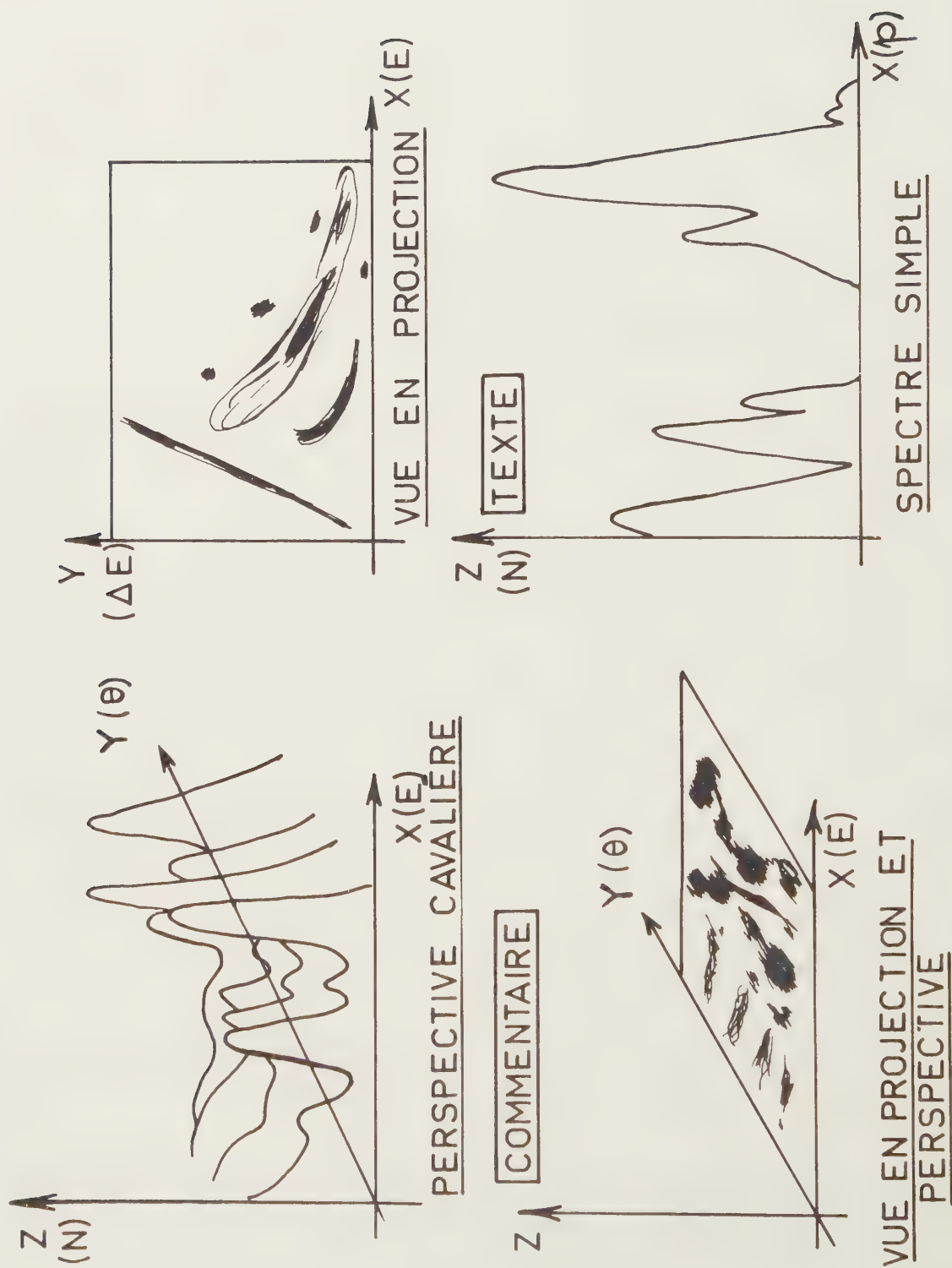


Fig. 4

Pour avoir, sur un écran d'oscilloscope ces différentes représentations, il nous faut présenter les tensions x_h sur l'amplificateur horizontal de l'oscilloscope et y_v sur l'amplificateur vertical de l'oscilloscope, répondant aux combinaisons suivantes :

- a) Représentation isométrique (perspective cavalière).

Nous donnons la représentation d'un point courant sur la figure 5.

$$x_h = X + \alpha Y$$

$$y_v = Z + \beta Y$$

où α et β déterminent l'angle θ d'isométrie ($\alpha = \cos \theta$; $\beta = \sin \theta$).

- b) Représentation en projection et en courbe de niveau :

$$x_h = X$$

$$y_v = Y$$

L'intensité du faisceau de l'oscilloscope peut être modulée par Z.

- la génération de caractère est un cas particulier où :

$$x_h = X$$

$$y_v = Y$$

$$Z = 0$$

- c) Représentation normale :

$$x_h = X$$

$$y_v = Z$$

Nous voyons que l'adresse multiparamétrique doit être séparée en 2 parties X et Y, Z représente le contenu de la mémoire ayant pour adresse soit X, soit le couple de valeurs X,Y.

Dans les expériences de diffusion de protons polarisés, le physicien peut vouloir se faire une idée de l'évolution des pics correspondants aux niveaux du noyau cible en fonction de l'angle de détection. Pour cela il faut représenter :

1. Une perspective cavalière où sur l'axe des X sont portées des énergies, sur l'axe des Y sont portées les 16 valeurs des angles de détection et sur l'axe des Z est portée l'intensité du comptage.

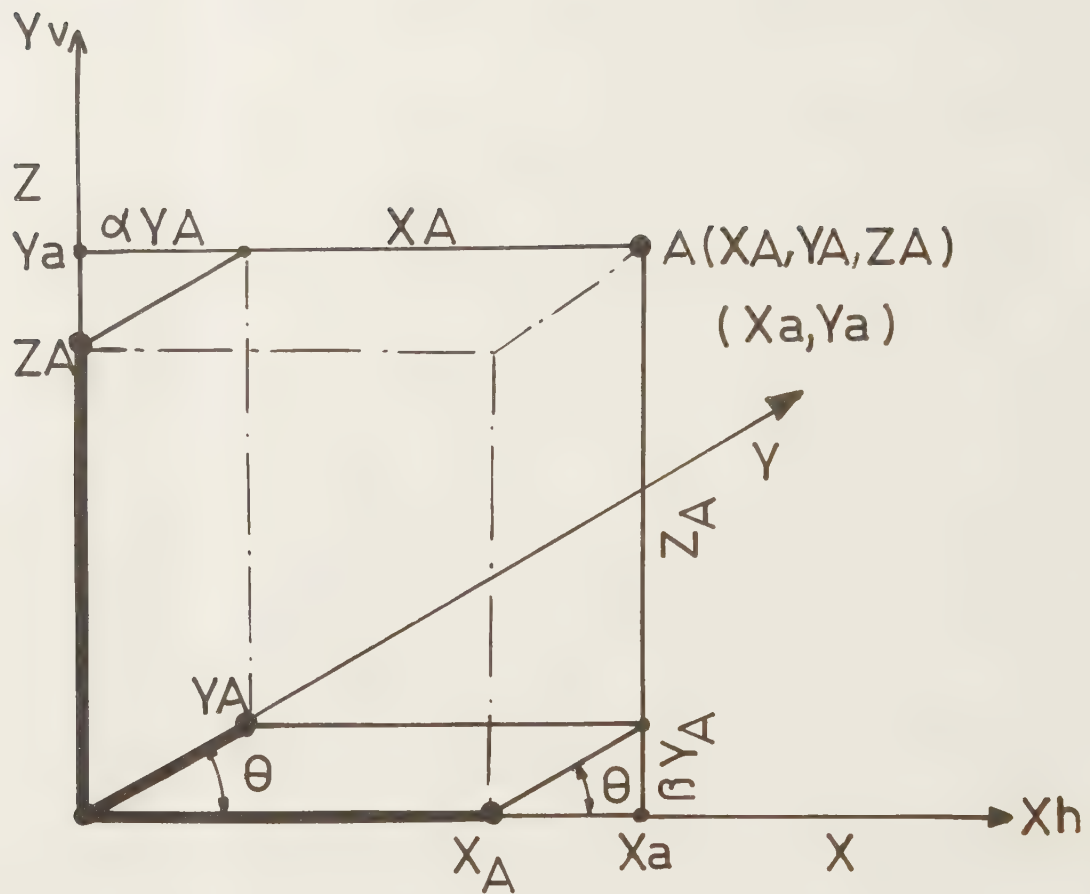
2. Une coupe par un plan donné c'est-à-dire le spectre d'énergie pour un angle donné ou une coupe à énergie fixe montrant l'évolution d'un pic en fonction de l'angle.

Ces deux représentations, de mode différent, pour être valables, nécessitent plusieurs oscilloscopes. Nous voyons donc qu'il faut faire subir des **traitements aux informations pendant leur visualisation**. Ceci n'est pas simplement réalisable avec un analyseur multicanaux, il faudrait employer un nombre assez grand d'éléments périphériques et une unité de visualisation appropriée.

On peut imaginer toutes les combinaisons des diverses représentations, par exemple, représentations d'un spectre simple avec intensification des pics, rotations d'axe d'une représentation à une autre. Pour distinguer une représentation d'une autre, il est nécessaire de pouvoir identifier chacune d'elle, par un texte court.

Le système de visualisation de l'organe d'acquisition doit être capable de former des caractères sur l'écran de l'oscilloscope.

Tous ces objectifs, qui tendent à augmenter le dialogue entre l'expérience et le physicien ne sont que difficilement réalisables avec un bloc mémoire BM 96.



$$X_a = X_A + Y_A \cos \theta$$

$$Y_a = Z_A + Y_A \sin \theta$$

Fig. 5

B - Avantages de l'emploi d'un calculateur.

Devant le grand nombre d'informations à stocker, on peut penser utiliser des unités multiparamétriques de bandes magnétiques, pour remédier à la faible capacité de mémoire du BM 96. Mais il se pose alors **un problème de contrôle en temps réel des données acquises.**

L'emploi d'un calculateur en ligne, comme organe d'acquisition offre les avantages suivants :

- Plus grande capacité de mémoire,
- Possibilité d'un traitement de l'information avant son rangement,
- Possibilité de modifier l'information pour obtenir diverses représentations en divers points d'accès,
- Possibilité de calcul et d'analyse des données en temps réel (dépouillement).

L'unité de visualisation prend donc un rôle fondamental pour des expériences plus complexes qui demandent à être contrôlées par des calculateurs en ligne.

Pour exploiter pleinement la grande souplesse des calculateurs, il est souhaitable de disposer de plusieurs de ces unités et de les concevoir avec le maximum de généralité. En particulier, il est intéressant de pouvoir les contrôler par le calculateur et de pouvoir dialoguer par l'intermédiaire d'un crayon photosensible (light pen en anglo-saxon).

3 - TECHNIQUES GENERALES D'ACQUISITION ET DE TRAITEMENT DES DONNEES PAR UN CALCULATEUR NUMERIQUE EN LIGNE (8)

A - Collection des données

Le calculateur est un système synchronisé. Pour répondre aux sollicitations asynchrones des éléments en ligne de la chaîne d'instrumentation, trois méthodes s'offrent à nous :

- La première consiste à utiliser le déroulement séquentiel des programmes pour scruter périodiquement si l'un des éléments de la chaîne présente une information à faire entrer dans la mémoire. Cette méthode n'est valable qu'avec des éléments périphériques lents tels que fréquencesmètres ou voltmètres numériques. Pour les éléments plus rapides, la période de scrutation conduit à une trop longue attente de l'élément périphérique pour faire rentrer son information dans le calculateur, donc à une paralysie de cet élément.

- La seconde méthode procède par interruption du programme en cours, directement après requête de l'un des éléments de la chaîne. Dès réception de la requête d'interruption, mais après exécution de l'instruction en cours de traitement, il y a branchement vers le sous-programme de traitement de l'information venant du périphérique. Le sous-programme commence par préserver l'état des registres du programme interrompu. Les systèmes d'interruption les plus évolués comportent une hiérarchisation en niveaux pour les différentes interruptions, la requête de plus haut niveau prioritaire étant traitée la première et pouvant interrompre le traitement d'une interruption de plus faible hiérarchie. Dans certains calculateurs, il est même possible de contrôler par programme la reconnaissance des interruptions. On peut ainsi armer et désarmer individuellement chacune des lignes d'interruption. **Ce fonctionnement avec interruption permet le "traitement en temps réel".**

- La dernière méthode permet l'acquisition en temps réel, sans traitement en temps réel. Elle consiste à rompre le déroulement du programme, sur requête d'un périphérique, et à faire rentrer l'information en mémoire sans branchement à un sous-programme, donc sans traitement. Le programme reprend dès que l'information est mise en mémoire. C'est la méthode d'entrée par **accès direct à la mémoire.**

Les données peuvent être ainsi stockées en listes dans la mémoire d'où elles peuvent être transférées en sortie sur des bandes magnétiques.

B - Rangement des données ou stockage.

Comme avec un bloc mémoire, il y a deux modes de rangement possibles :

- Le rangement par incrémentation permettant le dénombrement direct des événements ayant même descripteur. Dans ce mode, il y a perte systématique de l'information élémentaire ;
- Le rangement événement par événement. Dans ce mode, le mot mémoire contient le descripteur lui-même et non le comptage. Il faut une grande capacité mémoire puisqu'il y a un mot par événement : c'est le stockage multiparamétrique.

Il est possible d'utiliser simultanément ces deux modes.

Les données rangées en mémoire peuvent être transférées sur des mémoires périphériques permanentes ou semi-permanentes, à grande capacité (bandes ou cartes perforées, rubans, disques ou tambours magnétiques).

C - Traitement des données. ("Data reduction" en anglo-saxon)

Deux groupes sont distingués suivant qu'il y a traitement avant ou après rangement en mémoire, les deux groupes pouvant se superposer ou s'enchaîner.

- a) Analyse événement par événement des données relatives à un même événement.

C'est le **traitement en ligne et en temps réel**. Le traitement permet de transformer le descripteur de l'événement, en général, de réduire le nombre des paramètres qu'il comporte. Par exemple :

- Détermination de la nature de la particule détectée dans la chaîne élémentaire (figure 2) par comparaison de la perte d'énergie ΔE et de l'énergie E représentée par son descripteur ;
- Correction sur les données collectées (dérives expérimentales).

- b) Analyse des données après rangement dans la mémoire du calculateur ou dans les mémoires périphériques.

C'est l'analyse en ligne et en temps différé. Cette analyse peut être relative à divers événements (analyse de raies spectrales) ou comprendre, en plus, la réduction des données relatives à un même événement. C'est alors l'analyse multiparamétrique événement par événement, en temps différé suivant des critères différents. On peut, aux fins de contrôle, inclure en temps réel l'analyse après rangement, c'est-à-dire durant l'acquisition, sur la fraction des données déjà acquises, de façon à contrôler le déroulement de l'expérience. Il est possible, ainsi, de faire des comparaisons avec des prévisions théoriques présentées sous forme de **simulation expérimentale**.

En général, l'analyse après rangement est effectuée comme une tâche de fond du calculateur, en concurrence avec la tâche de visualisation sous la gestion du "programme moniteur". Celui-ci contrôle le déroulement des programmes, alors que la collection des données vient interrompre la tâche en cours. Autant que possible, on s'efforce d'analyser les données du cycle expérimental précédant immédiatement celui qui est en cours, de façon à réagir au plus tôt sur celui-ci en fonction des résultats de cette analyse.

D - Partage de temps

Les programmes nécessaires pour une utilisation "en ligne" sont ceux d'acquisition des données en temps réel, de visualisation, d'analyse des données. Nous avons vu la nécessité d'un programme moniteur pour la gestion du partage des tâches, c'est-à-dire le temps partagé à l'intérieur d'un même système expérimental. Ce programme utilise une horloge comme base de temps. L'utilisation d'un calculateur en partage de temps entre différentes expériences peut se diviser en trois groupes :

- a) Partage entre plusieurs utilisateurs ayant des expériences indépendantes, mais qui nécessitent les mêmes équipements électroniques de détection et, par conséquent, les mêmes programmes de service

- a) Partage entre plusieurs utilisateurs ayant des expériences indépendantes, mais qui nécessitent le mêmes équipements électroniques de détection et, par conséquent les mêmes programmes de service. Par exemple : les expériences de spectrométrie de niveau faites de façon systématique au cyclotron à énergie variable de Saclay.
- b) Partage entre plusieurs utilisateurs ayant des expériences différentes dans tous les points de leur conception.
- c) Partage de temps entre différentes tâches des calculateurs, acquisition en ligne, édition, compilation et réduction des données.

Dans les premiers modes, le calculateur est tour à tour attribué à chaque utilisateur après chargement de son programme et déchargement du programme de l'utilisateur précédent. Le rythme de commutation est inférieur à la seconde. Les programmes généraux et les sous-programmes appelés par interruption restent seuls chargés dans la mémoire calculateur et accessibles quasi simultanément sur la simple base de la hiérarchie allouée aux interruptions. Le partage de temps nécessite des calculateurs puissants, dotés de mémoires périphériques à accès rapide et de grande capacité. Cette méthode est rationnelle pour les expériences de systématique figées à long terme (spectrométrie de neutrons ou de rayonnement γ).

L'usage des petits calculateurs pour l'acquisition et le traitement local des données, en tâches non partagées, permet une autonomie de gestion et de programmation, nécessaire aux expériences d'avant garde. Dans l'état actuel de la technique, les petits calculateurs sont compétitifs, sur le plan économique, pour ce genre d'applications, avec les grands calculateurs.

CHAPITRE II

1 - CARACTERISTIQUES ESSENTIELLES DU CALCULATEUR C90-10.

Le calculateur C90-10 possède une capacité de mémoire de 16 K (1 K = 1024 adresses) avec des mots de 12 bits + 1 bit de parité. Le cycle de mémoire est de $1,75 \mu s$. Il est équipé de 16 niveaux, de priorité hiérarchisée d'interruption de programme à armement individuel par programme.

a) Accès standard :

Le canal d'entrée/sortie standard délivre des mots de 6 bits dont le transfert est commandé par les instructions suivantes :

EOM (energize output M) sélection et commande ;

SES (sense external signal) test de signal.

On trouve comme organes périphériques connectés sur le canal entrée/sortie :

- Une machine à écrire "télétype" ;
- Un équipement pour ruban perforé : un lecteur de 300 caractères par seconde, une perforatrice de 60 caractères par seconde ;
- Deux paires de dérouleurs de bandes magnétiques DIMAC de 1500 caractères par seconde.
- Un accès direct à la mémoire vient d'être récemment incorporé ; nous n'avons pu encore l'employer.

b) Entrées/sorties rapides :

Les mots complets (12 bits) peuvent être échangés directement en parallèle entre la mémoire et l'extérieur, en entrée sur les lignes PIN (parallel-input), en sortie sur les lignes POT (parallel-output). L'échange en parallèle peut s'effectuer par bloc d'information au rythme du cycle mémoire. Les instructions correspondantes sont : BPI (Block parallel-input) et BPO (Block parallel-output).

Préalablement à ces commandes de transfert, le calculateur délivre les signaux EOM nécessaires aux opérations de sélection du périphérique sur lequel porte le transfert. Les couples d'instructions correspondants à ces transferts sont :

EOM	PIN	} pour les sorties par bloc
EOM	POT	
EOM	BPI	
EOM	BPO	

POSTE LOCAL PRINCIPAL
-VISU- ACQUISITION-

ACCES ELEMENTAIRE
POUR 4 ENTREES ET 4 SORTIES

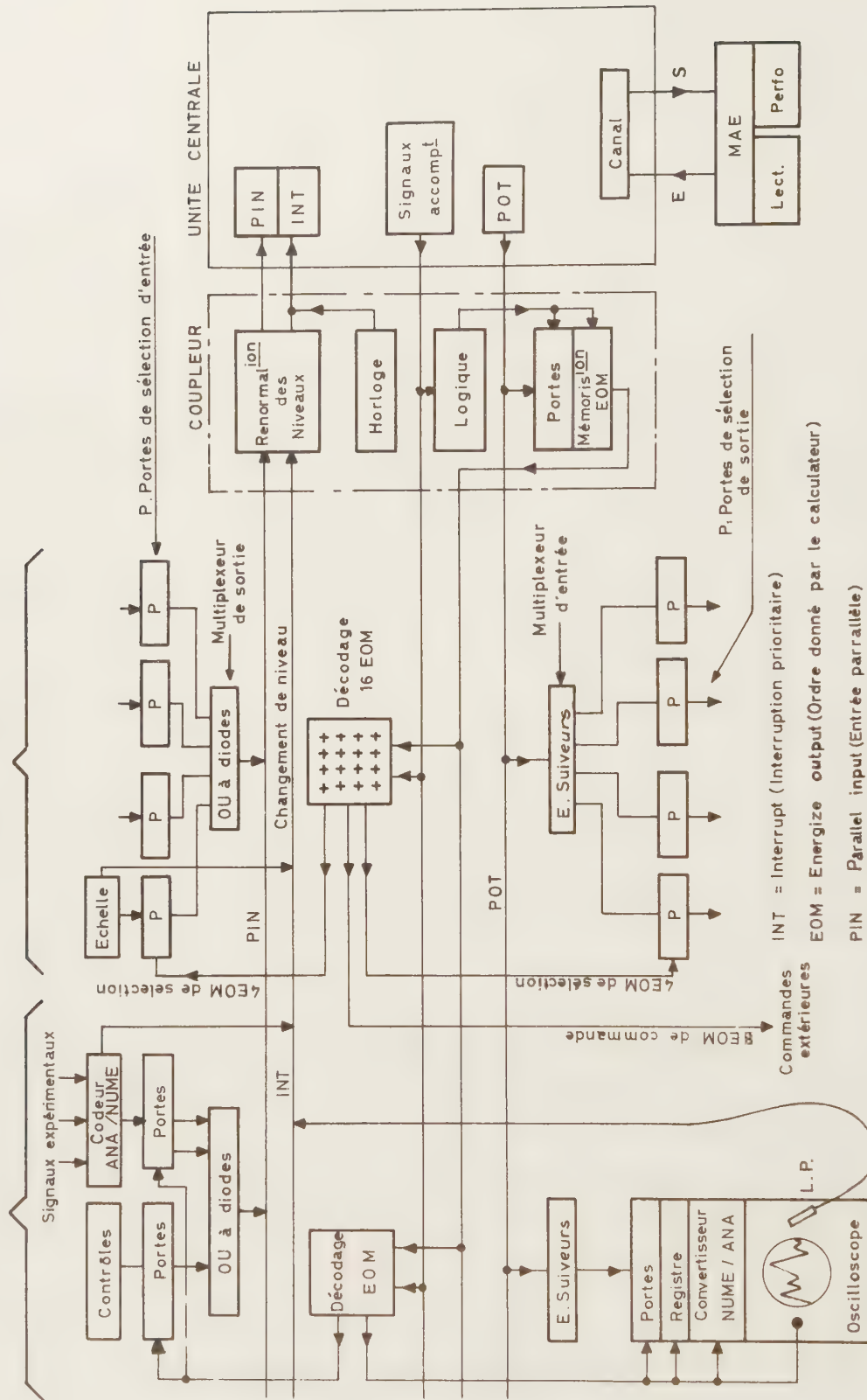


Fig. 6

INT = Interrupt (Interruption prioritaire)
EOM = Energie output (Ordre donné par le calculateur)
PIN = Parallel input (Entrée parallèle)
POT = Parallel output (Sortie parallèle)

Le calculateur délivre aussi des signaux d'accompagnement avec chaque mot échangé. Il s'agit principalement du signal d'accompagnement de sortie parallèle POT2. Pendant toute sa durée, il valide le mot calculateur présenté sur les lignes de sortie du mot. Nous appellerons celles-ci, plus loin dans notre exposé, les lignes POT ; elles seront représentées par C_i avec $CO \leq C_i \leq C_{23}$ à la sortie du PIN/POT 24 bits, suivant l'appellation du constructeur.

Les signaux EOM qui, décodés, doivent assurer la sélection du périphérique, apparaissent au moment de l'instruction EOM, alors que le transfert se produit pendant les instructions PIN, POT, BPI ou BPO. Il s'ensuit que pour sélectionner le périphérique, c'est-à-dire ouvrir les portes de transfert pendant le transfert, il faut mémoriser les signaux EOM pendant le temps de celui-ci. Les circuits de mémorisation et la logique s'y rapportant se trouvent dans une partie d'interface appelée "coupleur".

A titre d'exemple nous donnerons le fonctionnement des transferts, en entrée pour l'acquisition des données numériques d'un convertisseur CA 25, en sortie pour le système de visualisation.

2 - INTERFACES

Les interfaces entre le calculateur et les organes d'acquisition de données sont représentées sur la figure 6. Elles sont réparties en groupes naturellement séparés : i) couplage avec calculateur (coupleur) ; ii) liaison avec les organes d'acquisition (postes locaux divers), en particulier par des "portes de sélection" des organes sur les lignes d'entrée/sortie PIN ou POT.

Les lignes de transmissions interconnectant les postes et le coupleur utilisent la technique des barres omnibus sous forme de lignes adaptées.

a) Coupleur

Il comporte trois fonctions :

- 1) Interface PIN : pour le couplage de l'unité centrale avec les barres omnibus PIN ;
- 2) Interface EOM/SES, pour la mémorisation avec contrôle interne de 8 bits EOM et leur distribution vers les barres omnibus ;
- 3) Contrôle par horloge du déroulement du programme moniteur.

b) Postes locaux

Les postes locaux constituent les points d'accès du calculateur. Ils sont de deux types : i) poste local principal ; ii) poste local à quatre accès élémentaires.

Ils assurent les fonctions suivantes :

- Multiplexage local E/S ;
- Accès E/S 12 bits en parallèle à travers portes de transfert pour les organes d'acquisition ;
- Décodage des ordres EOM ou SES ;
- Dialogue calculateur-opérateur (visualisation) seulement dans les postes locaux principaux.

A - Coupleur

Les barres omnibus étant constituées par des lignes coaxiales d'impédance 50 ohms ; la conservation du niveau de logique 8 volts sur les lignes exige une puissance totale trop importante, car nous avons besoin de beaucoup de points d'entrée. Nous nous sommes donc limités à 1 volt pour des raisons d'économie, mais, au niveau des postes, les signaux E/S restent normalisés à 8 volts.

Lors du multiplexage, la transition est assurée par le mode d'attaque de la ligne : un courant de 20 mA termine l'état 1.

a) La première fonction du coupleur a trait aux entrées PIN du calculateur ; celles-ci sont multiplexées par distribution sur les barres omnibus où le niveau est de 1 volt. Il faut les normaliser au niveau standard. Une entrée $\overline{Bt}$ est traitée de façon identique, elle permet d'arrêter, à partir d'une commande extérieure, une opération BPI/BPO en cours.

Le groupe de changement de niveau du coupleur comprendra donc 12 bits PIN + 1 entrée $\overline{Bt}$.

Les lignes d'interruption sont, elles aussi, distribuées par lignes adaptées. Venant de divers périphériques, elles peuvent être de niveau et de polarité non standard. Il est nécessaire de renormaliser leur niveau et d'avoir le choix de la polarité d'entrée sur les amplificateurs de changement de niveau.

b) Interface EOM/SES.

Les SES étant de structure semblable aux EOM, ils transitent en commun avec ceux-ci. Nous avons appelé EOM de sélection, les EOM mémorisés, et EOM de commande, les autres EOM.

EOM de sélection. Ils sont associés à des opérations d'entrée/sortie, et comme ces opérations ne sont jamais en simultanéité avec la sélection, leur mémorisation s'effectue dans le coupleur avant codage.

EOM de commande. Ils servent à commander des opérations marche, arrêt, remise à zéro. Ils pourraient, au besoin, être mémorisés au niveau des postes locaux après décodage. Dans ce cas, plusieurs ordres pourraient être mémorisés simultanément.

Comme les EOM de commande, les SES n'ont pas besoin d'être mémorisés.

L'interface comprend des circuits logiques de contrôle de la mémorisation, les bistables de mémorisation et les étages de sortie pour attaquer les barres omnibus communes aux EOM/SES.

c) L'horloge interne contrôle le déroulement de certaines parties du programme ; elle est branchée sur un niveau d'interruption.

B - Postes locaux.

a) Postes locaux à quatre accès élémentaires

Ils sont destinés à l'entrée/sortie d'échelles, de voltmètres numériques, de fréquencesmètres, de codeurs numériques analogiques (pour tension de consignes) etc... Leur structure est clairement visible. Nous ne les décrirons donc pas, mais nous donnerons un exemple d'utilisation.

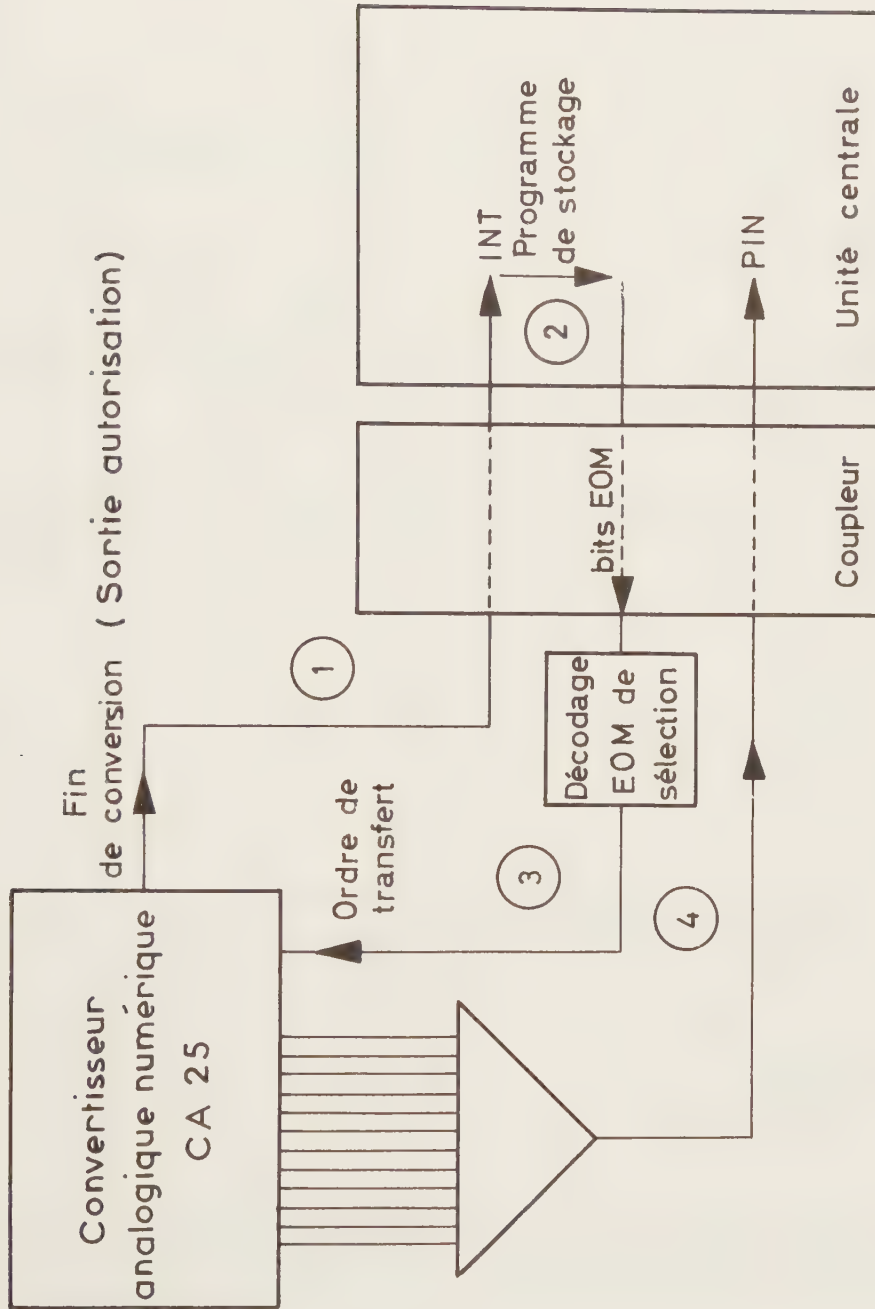


Fig. 7

Stockage d'échelle de comptage :

L'information sortant d'une échelle est entrée dans le calculateur avec déverrouillage des portes de transfert par EOM de sélection, contenu dans le programme spécifique d'entrée d'échelles. Cet EOM peut être déclenché soit par l'utilisateur (appel sur MAE), par cycle de l'horloge interne du coupleur ou par l'échelle qui présente une requête. Dans le dernier cas, il y a activation d'un niveau prioritaire qui interrompt le programme en cours et branche le programme spécifique d'entrée d'échelle.

b) Postes locaux principaux. Acquisition et visualisation.

Les postes locaux principaux diffèrent des postes à quatre accès élémentaires par leur spécialisation en vue du remplacement des blocs-mémoires nécessitant un système de visualisation comme organe de dialogue.

Nous donnerons la description du fonctionnement en acquisition avec un convertisseur analogique numérique CA 25. Cette description est illustrée par la figure 7.

Le convertisseur analogique numérique reçoit une impulsion venant des chaînes de détection (données expérimentales). Sa sortie autorisation (fin de conversion) est branchée sur un niveau d'interruption auquel est associé un programme de stockage. Lorsque le signal fin de conversion apparaît, le programme principal s'interrompt^① et le calculateur se branche sur le sous-programme de stockage^②.

Dans ce sous-programme, il y a génération d'un EOM de sélection^③ qui commande les portes de transfert parallèle du convertisseur. Les données numériques sont alors introduites dans le calculateur par les lignes PIN^④ par l'intermédiaire du multiplexeur d'entrée et après renormalisation dans le coupleur, pendant l'instruction PIN.

C - Programmation des EOM.

Les instructions EOM de systèmes sont programmées de la façon suivante :

EOM	0	3	Adresse
			
			12 bits

L'adresse de l'instruction comporte, outre les douze bits du deuxième mot, les trois bits les moins significatifs du mot d'instruction. Le format de l'instruction EOM est présenté figure 8.

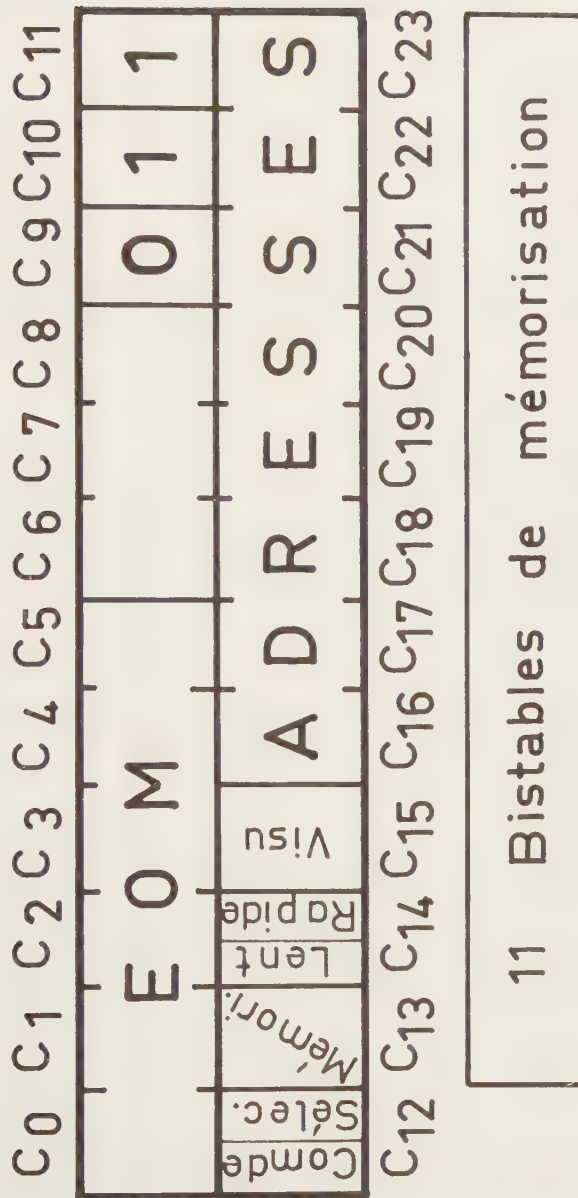
1. Nous distinguons les EOM de sélection et les EOM de commande par le code adresse 4000 (en notation octale) :

- 4000 pour l'EOM de commande
- 0000 pour l'EOM de sélection.

Ce bit n'a pas besoin d'être mémorisé.

2. Nous pouvons programmer un EOM dont la durée de mémorisation est variable. Le code adresse correspondant est 2000. La mémorisation cesse quand on programme un EOM de commande de remise à zéro. Ce bit significatif doit être mémorisé. L'EOM de remise à zéro est un EOM de commande qui a la même adresse que l'EOM auquel il se rapporte.

3. Nous pouvons procéder à des opérations PIN/POT en mode lent ou rapide. Les signaux d'interface R_t (cycle long) et R_{tf} (cycle court) contrôlent le rythme des opérations entrée/sortie. Le cycle rapide dure un cycle calculateur ($1,75\mu s$) tandis que le cycle lent dure deux cycles calculateurs ($3,5\mu s$).



Exemples:

- EOM VISU : 400+adresse poste local (8bits)
- EOM RAZ : 4000+même adresse que l'EOM
à Mémorisation variable auquel
il se rapporte.

Fig. 8

Les entrées $\overline{R_t}$ et $\overline{R_{tf}}$ sont normalement au niveau 1. Quand l'une d'elles passe au niveau 0 (à la masse), elle valide le mode correspondant.

La présence d'un bit significatif de l'adresse de l'EOM positionne un bistable qui met les entrées $\overline{R_t}$ ou $\overline{R_{tf}}$ à la masse. Ce bit est également mémorisé comme les bits adresses de l'EOM.

On choisit ainsi, par l'adresse de l'EOM de sélection, une séquence EOM POT ou EOM BPO ou EOM PIN ou EOM BPI, en mode lent ou rapide. Le code adresse est alors 1000 pour le mode lent.

4. Un bit EOM (C15) est réservé pour le poste central de visualisation ; il est également mémorisé mais ne fait pas partie des décodages d'adresses. Nous l'appellerons EOM visu.

D - Description de l'interface EOM/SES.

Pour mémoriser les bits EOM, avant de les décoder, nous allons nous servir des signaux d'accompagnement, ainsi que des bits significatifs de l'adresse de l'instruction EOM. La figure 9 représente le schéma de la logique de contrôle de mémorisation.

Les bits EOM sont mémorisés dans des bistables où le signal d'autorisation est donné par :

$$AUT = C10. C11. (EOM + SKSS). \quad (1)$$

SKSS est le signal d'accompagnement de l'instruction SES servant aux tests aussi bien internes qu'externes du calculateur. Les signaux de test SES externes comportent aussi comme partie haute de l'adresse : 03 (bit C10 et C11). Le signal d'autorisation est donc tel que l'on ne peut mémoriser que des EOM et des SES externes.

Le signal AUT est actif dès son front avant.

Les EOM de commande, comme les SES, ne sont mémorisés que pendant leur durée propre, le bistable ne doit jouer que le rôle de séparateur, donc le signal de remise à zéro doit comprendre : EOM. C12 + SKSS. Le bit C12 correspond au code 4000 de l'adresse.

La remise à zéro du bistable est conditionnée par le bit C13 pour les EOM de sélection, ce bit correspond au code 2000. Si C13 est positionné, il n'y a pas alors de signal de remise à zéro. Si la mémorisation de l'EOM doit durer jusqu'à la fin de l'opération d'entrée/sortie, alors C13 = 0 et le signal de RAZ est donné par le front arrière de POT1 ou par le front de descente de RTi. POT1 est le signal d'accompagnement d'une sortie POT ou BPO et RTi est le signal de fin de séquence PIN ou BPI allant vers le périphérique, le signal de remise à zéro a pour expression :

$$RAZ = EOM. C12 + SKSS + \overline{C13}. (POT1 + RTi) \quad (2)$$

Il est actif sur le front de descente.

Pour que le décodage des adresses d'EOM se fasse sans ambiguïté, il faut éliminer les parasites dus aux temps de montée peu rapides des bistables. Ils entraînent une présentation non simultanée des bits, ce qui correspond à des codes transitoires différents de ceux de l'état stable. Nous sommes obligés d'échantillonner l'état des bistables de mémorisation par un signal E, commun à tous les bistables de mémorisation des bits EOM (figure 10). Ce signal est donné, lui aussi, par un bistable.

Le signal d'autorisation des bistables de mémorisation des bits EOM est appliqué à l'instant où l'on programme l'EOM, alors que le signal d'autorisation du bistable E est retardé de 0,5µs.

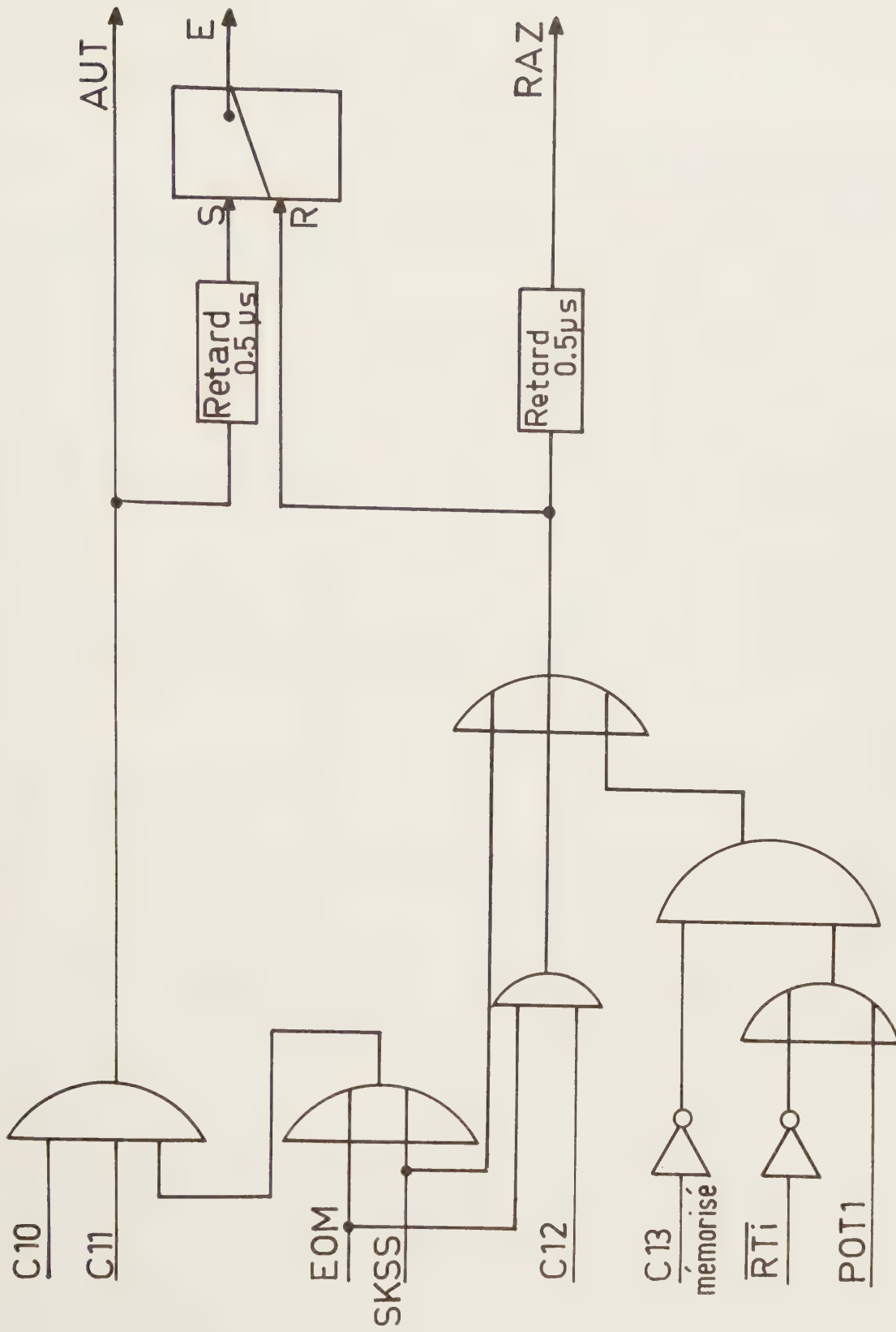


Fig. 9

Sorties des bistables
de mémorisation

C_i

$\overline{C_j}$

Sorties de la matrice
de décodage

$C_i \cdot \overline{C_j}$

$\overline{C_i} \cdot \overline{C_j}$

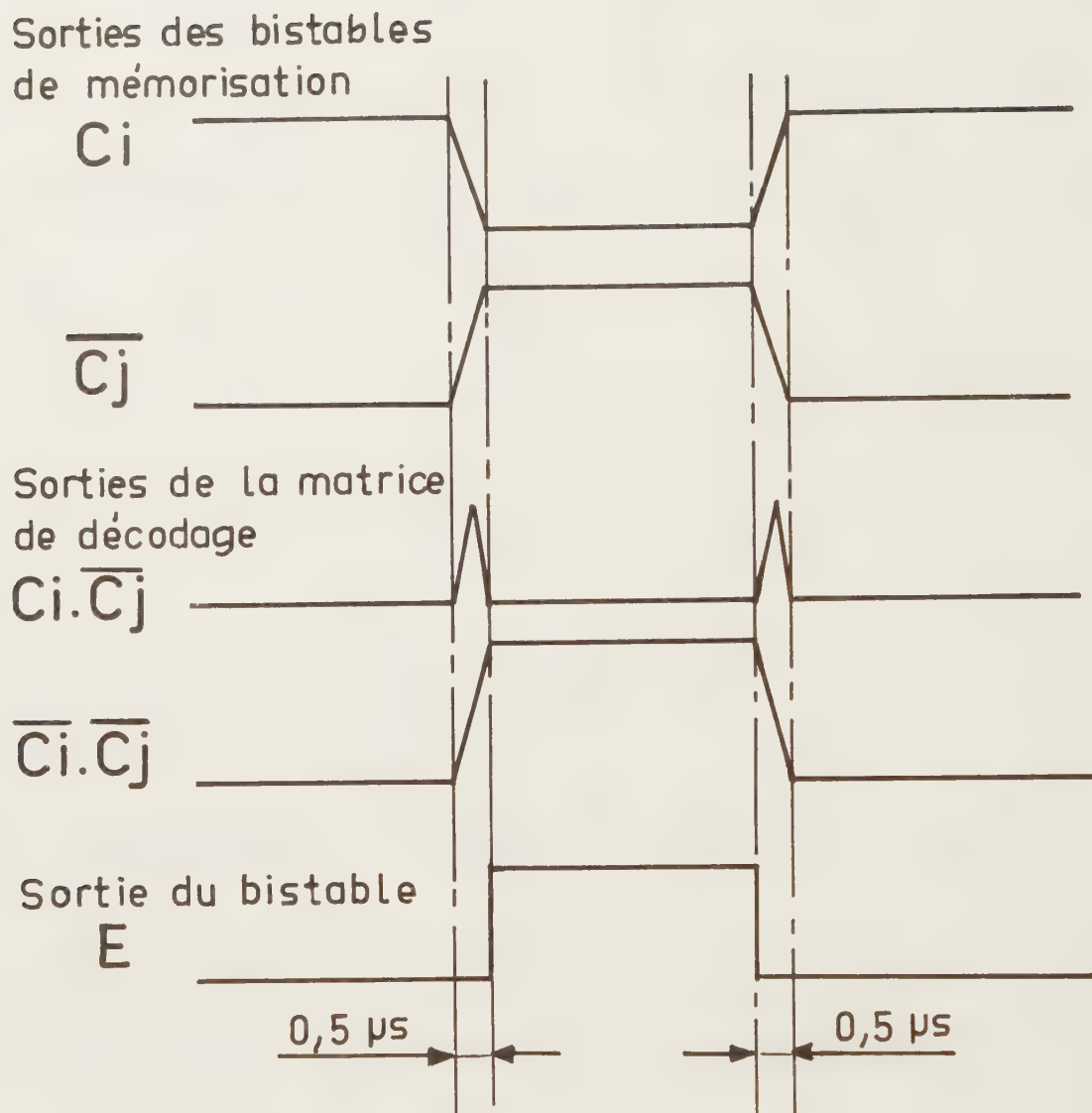
Sortie du bistable

E

$0,5 \mu s$

$0,5 \mu s$

Fig. 10



Le signal de remise à zéro du bistable E est appliqué à l'intérieur prévu, alors que le signal de remise à zéro des bistables de mémorisation des bits EOM est retardé de $0,5\mu s$.

Les 8 bits EOM et la sortie du bistable E sont amplifiés en puissance pour attaquer les barres omnibus d'adresses EOM/SES.

Le décodage est réalisé au poste local. Pour une opération d'entrée/sortie, le décodage de l'EOM sélectionnant le périphérique sera automatiquement mémorisé jusqu'à la fin de l'opération.

Par exemple, les instructions suivantes :

EOM 03 0006

POT BLOC

signifient que nous transférons en parallèle, dans le mode rapide ; les 12 bits de la mémoire "BLOC" dans le périphérique N° 06 ; l'EOM de sélection est en mode rapide, il est mémorisé jusqu'à la fin du signal POT1 d'accompagnement .

Nous avons prévu deux zones de code d'EOM :

- L'une à câblage fixe à partir de l'adresse maximale de 377 ;
- L'autre à programmation libre par matrice de 0 à 63.

CHAPITRE III

1 - UNITE DE VISUALISATION SIMPLIFIEE

Pour utiliser un calculateur, en remplacement des analyseurs multicanaux BM 96, il faut nécessairement lui adjoindre au moins une unité de visualisation de la zone d'acquisition des données. Cette unité doit être similaire à celle incluse dans ces analyseurs multicanaux et permettre la représentation des spectres simples. Nous allons donc étudier la façon de visualiser des spectres simples.

Le système le plus simple consiste à convertir l'adresse mémoire correspondant à un descripteur ainsi que le contenu de cette adresse en tensions analogiques. Les deux tensions sont appliquées sur les plaques de déviation d'un oscilloscope. Les valeurs numériques de ces deux informations constituent les coordonnées du point visualisé. Ces valeurs sont chargées dans des registres R_X et R_Z . Pour visualiser un point sur l'oscilloscope, nous devons assurer une séquence de programme telle qu'il y ait chargement du registre R_X et puis chargement du registre R_Z . Enfin, il faut programmer un EOM de commande qui illuminera le wehnelt de l'oscilloscope. Ce signal de wehnelt sert de porte de validation et agit quand les amplificateurs de l'oscilloscope ont eu le temps de se stabiliser.

Pour avoir des spectres de dimension variable, on peut opérer un cadrage manuel, par contacteur, du convertisseur CNAX devant le registre R_X . Nous sommes conduits au schéma de la figure 11, où il n'y a qu'un mode de sortie de l'information à visualiser.

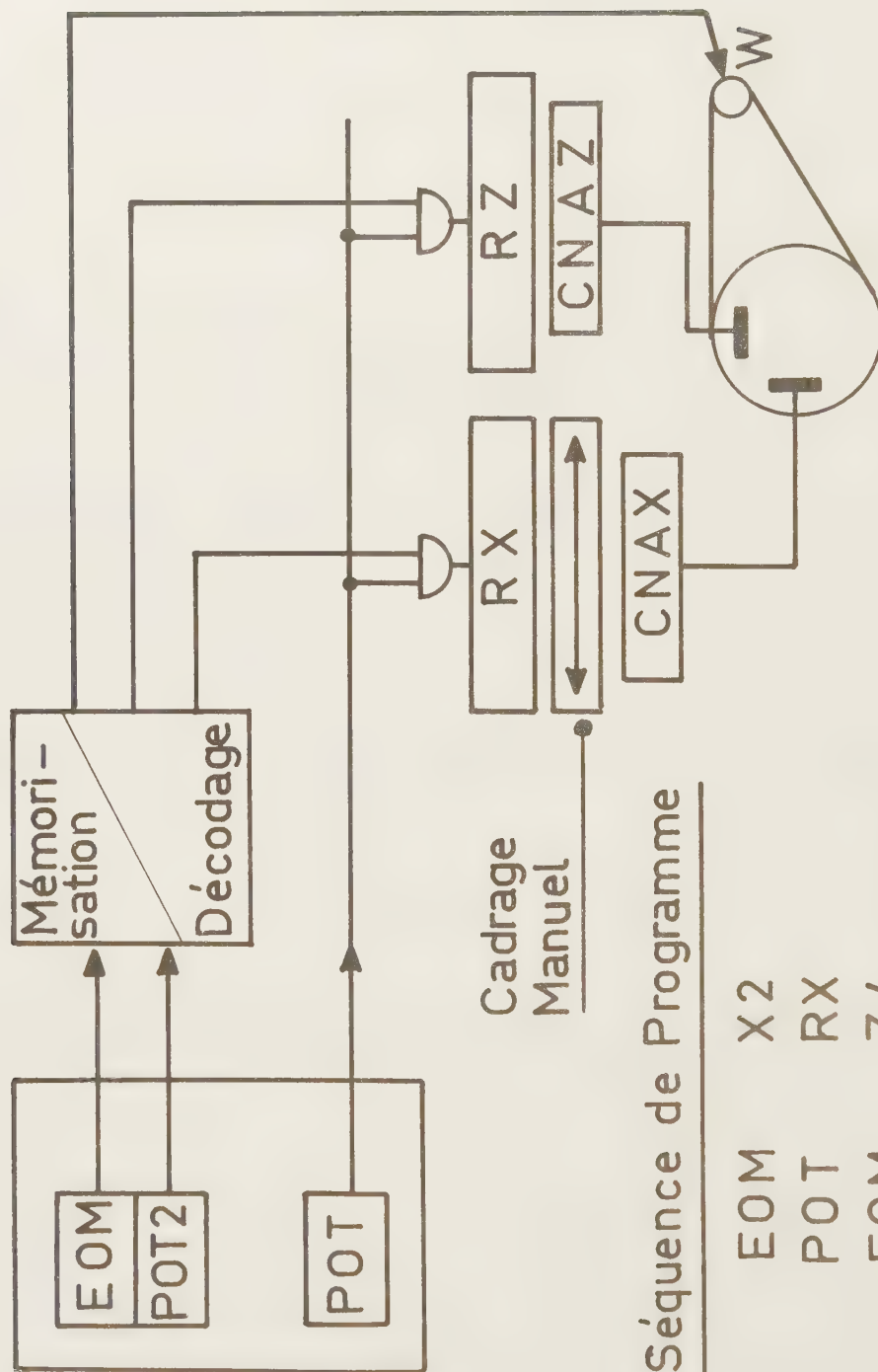
2 - UNITE DE VISUALISATION SPECIFIQUE POUR UN CALCULATEUR C90-10.

A - Principe

La capacité en adresse du calculateur C90-10 pouvant être de 32 K, l'adresse peut comporter 15 bits. Actuellement avec 16 K de mémoires, l'adresse se compose de 14 bits. Elle doit donc s'exprimer en deux mots calculateur. En d'autres termes, le registre R_X où l'on vient ranger l'adresse du mot visualisé doit se décomposer en deux parties :

Une partie R_{X3} de 3 bits et une autre R_{X12} de 12 bits, chargées séparément.

De plus, pour procéder à une visualisation plus rapide, il faut se servir de la possibilité du C90-10 de sortir les mots par bloc. En nous servant du transfert parallèle EOM, BPO au rythme du cycle mémoire, nous ne trouverons sur les lignes POT que les contenus des adresses comprises dans le bloc. Comme nous donnons par programme la dimension du bloc à sortir et l'origine de ce bloc, nous pouvons facilement reconstituer l'adresse du contenu visualisé. Les deux registres R_{X3} et R_{X12} constituant le registre d'adresses doivent se comporter comme une échelle de comptage binaire dont on augmente le contenu d'une unité à chaque sortie de mot. Il faut modifier le schéma de la figure 11, en ajoutant un signal d'avance série au registre d'adresses. Ce signal d'avance doit être lié à la visualisation du point précédent.



Séquence de Programme

EOM	X2
POT	RX
EOM	Z4
POT	RZ
EOM	W

Fig. 11

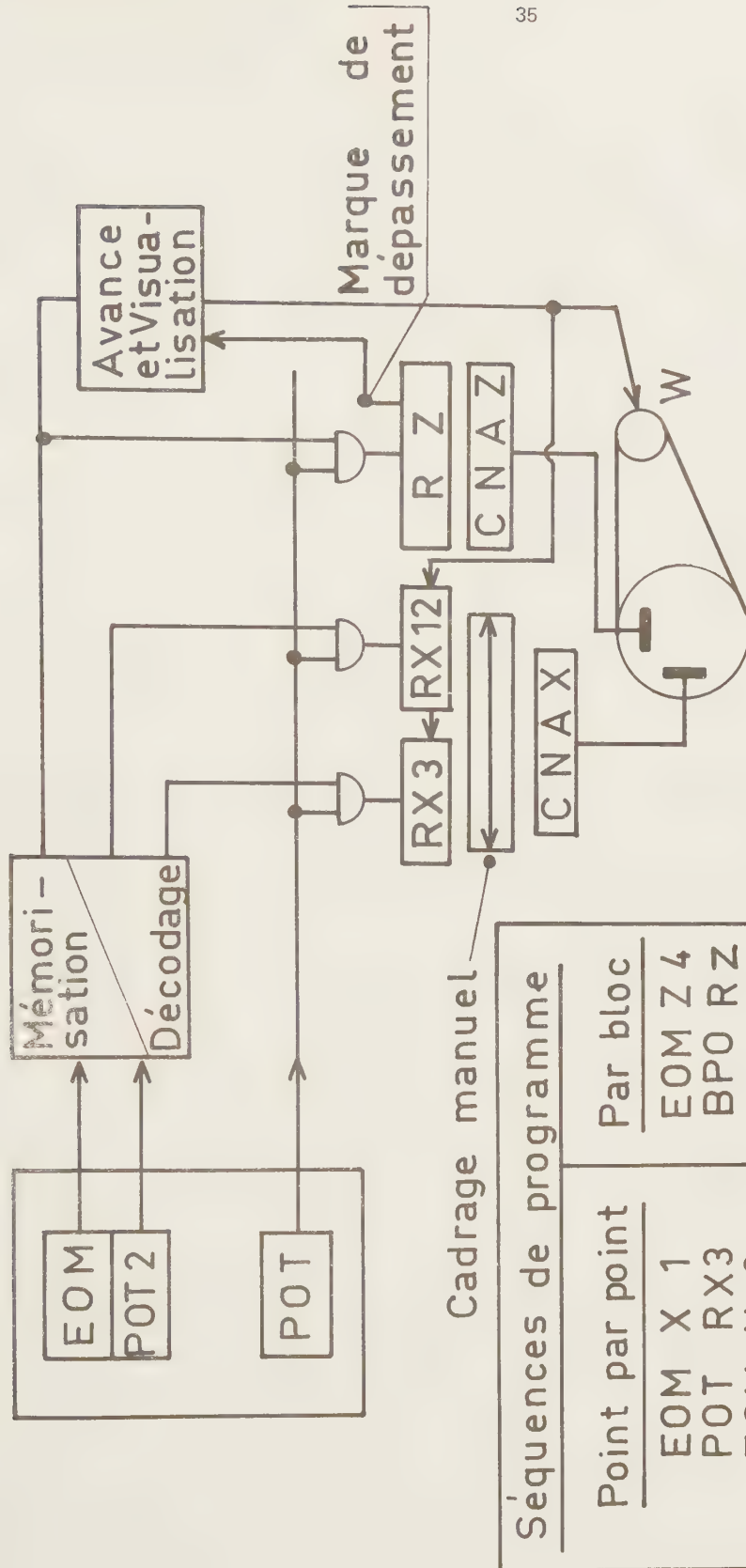


Fig. 12



Fig. 13

Les mots se succédant en parallèle à la cadence du cycle de base du calculateur, nous ne pouvons plus programmer un EOM de commande pour illuminer le wehnelt de l'oscilloscope. Le signal d'illumination du wehnelt sera donné par un échantillonnage de l'EOM_{Z4} mémorisé de la séquence EOM, BPO par le signal d'accompagnement de sortie parallèle POT2. L'avance du registre d'adresses tout entier, sera faite, par exemple, par le front arrière du signal d'illumination de wehnelt. Le nouveau schéma est donné figure 12.

Pour ne pas obtenir, sur l'oscilloscope, une figure brouillée, lors d'un dépassement de capacité du registre R_Z (12 bits), on doit pouvoir effacer le point à visualiser. Une marque de dépassement doit contrôler le signal d'illumination de wehnelt.

Une première unité de visualisation, basée sur ce principe, a été initialement réalisée. Il y a, pour cette unité, deux modes de sorties possibles : un point par point et un par bloc.

B - Première unité de visualisation réalisée au laboratoire.

La première unité de visualisation qui a déjà été décrite (9) est représentée sur la figure 13. Pour une meilleure compréhension, nous la rappellerons dans ses grandes lignes.

Elle est d'une technologie hybride, avec emploi de circuits intégrés MECL, de circuits intégrés linéaires et de composants discrets. Elle est conçue pour la visualisation par blocs d'informations au rythme du cycle de base du calculateur (1,75 μ s). Elle est constituée essentiellement par :

- Un registre compteur de 15 bits (extension possible de la mémoire à 32 K) qui reconstitue l'adresse dans la sortie par bloc ;
- Un convertisseur numérique analogique (CNAX 10 bits) correspondant à ce registre et qui est câdré d'une façon fixe vers les bits de plus haut poids du registre compteur ;
- Un convertisseur numérique analogique (CNAY) directement branché sur les lignes POT pour décoder le contenu des adresses ;
- Un dispositif de modulation du faisceau électronique de l'oscilloscope et d'avance du registre compteur (carte W).
- Le changement de gamme d'extension se fait par un contacteur : on procède au décalage du point d'attaque série du registre compteur mais, pour garder une bonne présentation des résultats sur l'oscilloscope, on doit recâdrer l'information par programme. Pour garder connaissance de l'adresse du point visualisé, pendant la sortie par bloc d'informations, le registre compteur, qui se comporte comme une échelle binaire, est avancé de 1 après chaque mot visualisé.

Actuellement, l'oscilloscope utilisé est bi-faisceau ; on peut donc visualiser avec la même extension deux zones de mémoires différentes (il suffit d'avoir des adresses origines différentes). Mais on peut procéder, au niveau de la conversion numérique analogique, à une commutation électronique pour séparer une trace d'oscilloscope en deux ou plusieurs courbes distinctes câdrables séparément et indépendamment. Cette commutation est contrôlée par des EOM de sélection.

Le panneau de contrôle de la visualisation comporte la commande des paramètres suivants :

- Gamme d'extension (64 à 16 K),
- Adresses origines de visualisation,
- Adresses des points surbrillants obtenus par sorties répétitives de l'adresse correspondante (16 sorties successives).

On teste aussi le code dans lequel sont exprimées les adresses précédentes (binaire ou décimal) ainsi que le point d'attaque du registre compteur.

Un crayon photosensible (light pen) est associé à l'oscilloscope ; c'est un organe de dialogue opérateur calculateur. Il peut être utilisé suivant deux modes : i) sélection de points sur l'écran (sélection d'adresse et par conséquent sélection de contenu). Cette opération évidente ne sera pas décrite. ii) génération d'une donnée à une adresse définie.

La position choisie est repérée, grâce au crayon. Dans une première phase de contrôle, on intensifie le point sélectionné. Dans une deuxième phase, on fait entrer le mot correspondant à l'adresse sélectionnée. Par rentrée de mots à des adresses successives, on peut tracer une courbe.

Cette opération se fait de la façon suivante : le programme associé au crayon photosensible engendre une trame locale de balayage, décrite indépendamment des autres traces, le crayon n'étant sensible qu'aux points de cette zone de trame. Celle-ci est asservie en position par rapport au crayon. La trame est décrite linéairement en abscisse, adresse par adresse, sur une zone limitée à quelques rayons d'action du crayon. Elle est décrite suivant une progression géométrique de raison deux en ordonnée. Le crayon photosensible excité par un point lumineux de la trame interrompt le calculateur pour figer les coordonnées de ce point. Les écarts avec les coordonnées de référence de la trame sont ajoutés à celles-ci et le résultat est pris comme nouvelle référence ; il est introduit comme la nouvelle donnée à stocker dans le calculateur. Un déplacement du crayon dans la zone de trame provoque un déplacement de celle-ci. On peut ainsi stocker dans la mémoire du calculateur la courbe obtenue par déplacements successifs du point de référence de la trame. On peut effectuer par exemple la soustraction d'un fond à un spectre.

Ce crayon lumineux est constitué par un élément photosensible monté sur un support du genre crayon relié par un câble coaxial au chassis de visualisation. L'amplificateur de mise en forme est constitué par un transistor à effet de champ suivi d'un amplificateur linéaire en circuit intégré.

3 - SYSTEME PLUS GENERAL

A - Principe

Nous voyons donc que pour obtenir un système de visualisation plus souple, il faut pouvoir :

- D'une part visualiser les contenus en double précision (contenu supérieur à 12 bits, c'est-à-dire supérieur à un mot calculateur).
- Et d'autre part séparer l'adresse en deux parties pour la représentation multiparamétrique.

Nous allons donc adjoindre au registre de contenu R_Z de 12 bits, un autre registre pour les contenus supérieurs à 12 bits. Nous allons associer au registre d'adresses deux convertisseurs numériques analogiques pour convertir séparément deux parties variables de l'adresse (CNAX et CNAY). Le cadrage manuel est remplacé par un cadrage sous contrôle calculateur, aussi bien devant le convertisseur CNAZ que devant les convertisseurs CNAX et CNAY. Ce système est représenté figure 14.

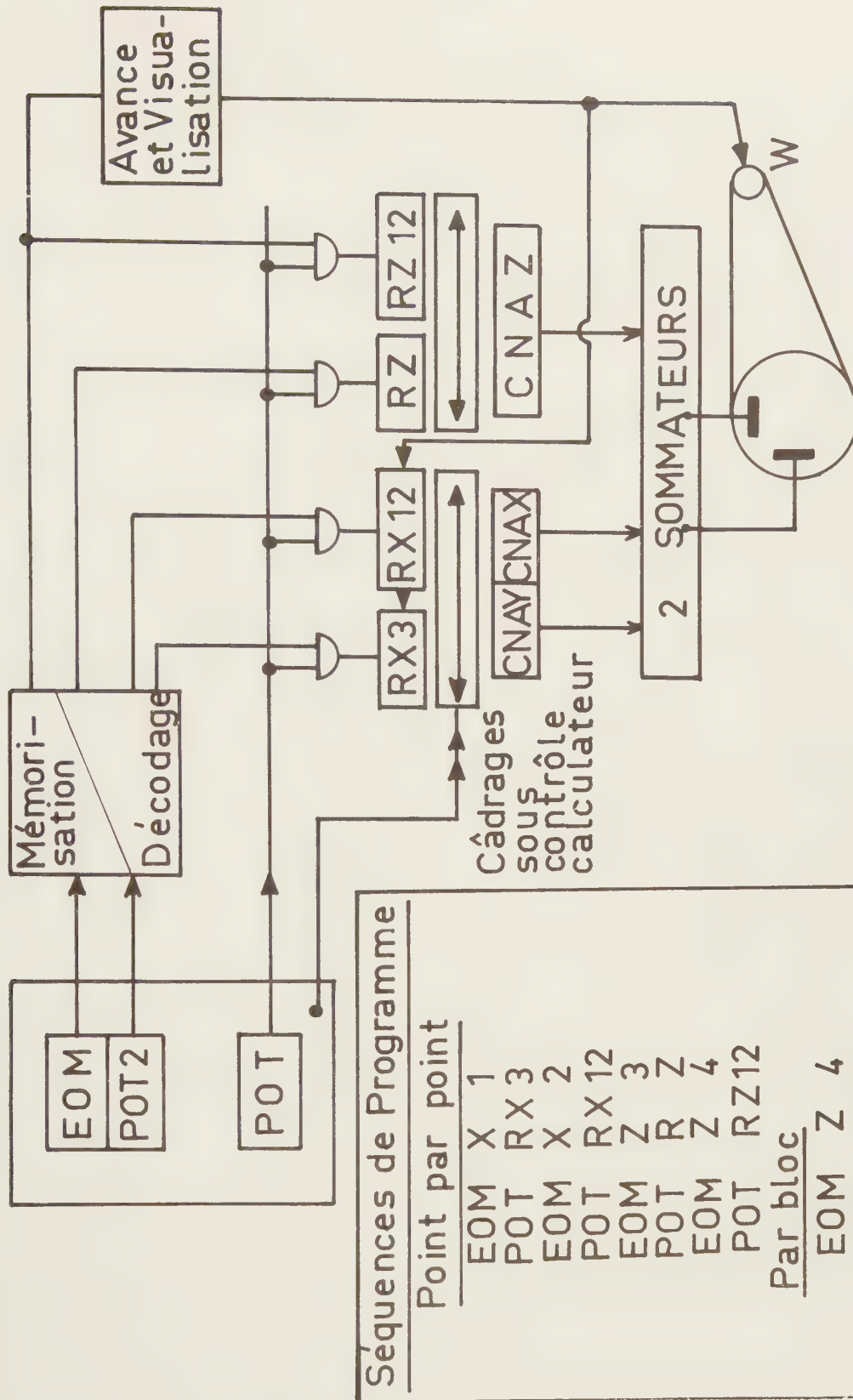


Fig. 14

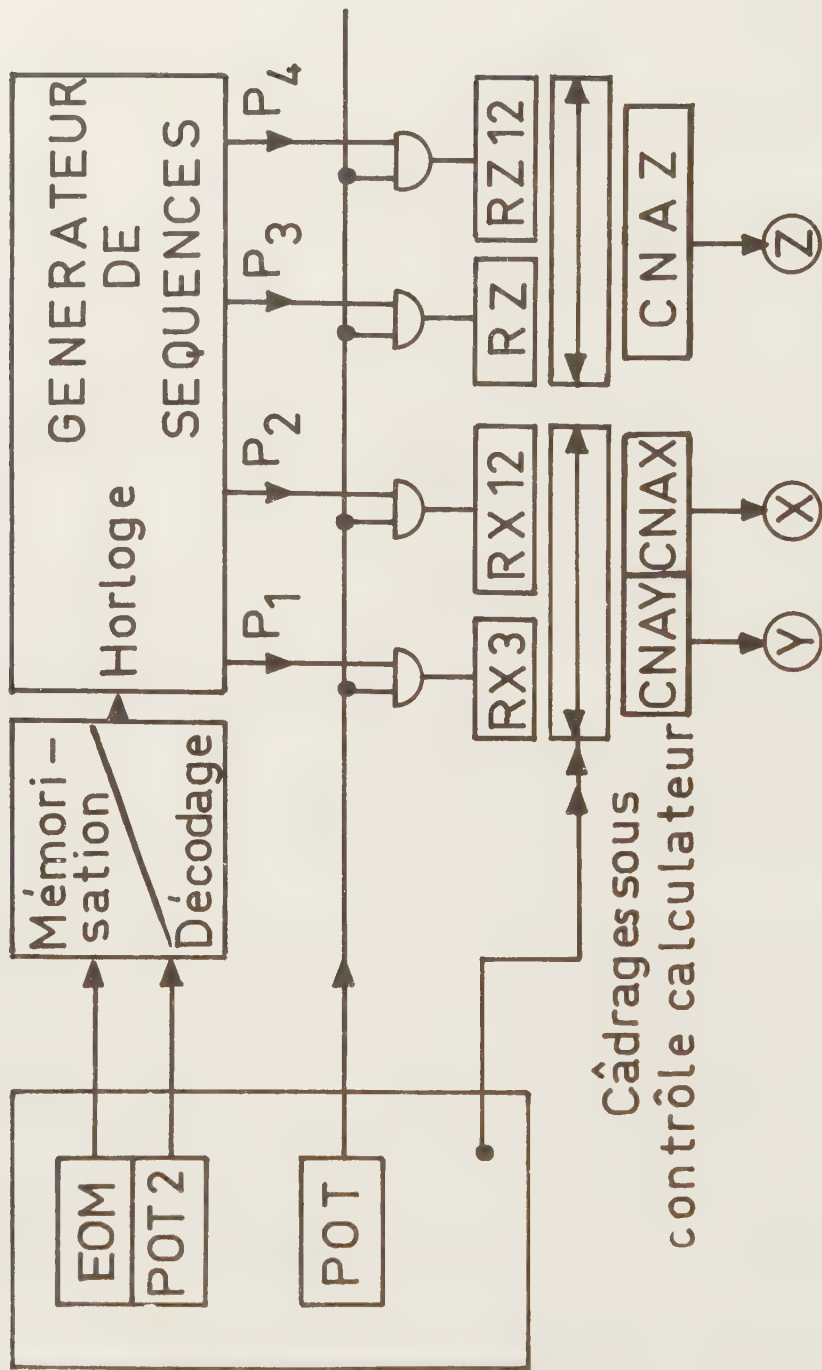


Fig. 15

On peut considérer qu'il existe 6 modes de sortie de l'information : 4, point par point et 2, par bloc. C'est un schéma très théorique car, lors d'une sortie par bloc en double précision, il faut, par un EOM spécial, assurer l'ouverture séquentielle des portes du registre R_Z , puis du registre R_{Z12} . Alors que par programme, il faut disposer à des adresses successives de mémoire, comprises dans le bloc, la paire de mots constituant le contenu (Partie haute du contenu, puis partie basse de celui-ci, partie haute et partie basse du contenu suivant). La génération de cet EOM complique la sortie par bloc en double précision de contenu. Nous voyons donc qu'à chaque mode de sortie correspond une séquence particulière d'ouverture de portes des registres. Il commence donc à être avantageux de **réaliser par câblage ces séquences d'ouvertures de portes** pour chaque mode de sortie.

L'utilisation de plusieurs postes de visualisation à divers points, entraîne une multiplicité de circuits identiques onéreux, non utilisés en simultanéité (registres, convertisseurs numériques analogiques). Le calculateur ne peut, en effet, transférer des informations que vers un seul périphérique à la fois. Pour simplifier l'électronique, il nous a paru possible d'utiliser un seul circuit par fonction en réalisant un nouveau système de visualisation comportant tous les organes essentiels comme dans une "unité centrale". Cette unité centrale multiplexe plusieurs postes locaux de visualisation indépendants. Ceux-ci sont constitués par des oscilloscopes en liaison avec quelques organes simples. Si l'on construit des registres communs à tous ces postes locaux, l'électronique s'en trouvera simplifiée d'autant. On ne répètera pas plusieurs fois les mêmes registres de reconstitution de l'adresse, les mêmes registres de sortie de contenu. **L'unité centrale est sous contrôle calculateur** pour assurer la visualisation de chaque poste local en séquence.

Afin d'économiser le nombre des EOM employés et de pouvoir utiliser au maximum la sortie par bloc, même dans le cas de double précision de contenu, les séquences d'ouverture de portes ne seront plus données par programme mais par **un générateur de séquences contrôlé par le calculateur**.

Par exemple, comme l'information est de capacité variable, il est inutile de subir une visualisation en double précision quand on n'en a pas besoin. Il faut rendre la visualisation la plus rapide possible et **modifier le mode de sortie par le calculateur** à chaque fois que cela permet un gain en temps d'exécution. Un registre contrôle chargé au début du cycle de visualisation de chaque poste local, en fonction des demandes de celui-ci, contient tous les paramètres de la représentation. Il assure après décodage de son contenu, la succession des signaux de portes du générateur de séquences. Le contenu du registre contrôle peut être modifié par le programme en cours. Par chargement séquentiel du registre contrôle de l'unité centrale, le calculateur peut traiter la visualisation des ensembles locaux de visualisation les uns après les autres. C'est au programme de gérer l'ordre séquentiel.

Le générateur de séquences est un registre à décalages dont le signal de décalage est le signal d'accompagnement de sortie parallèle "POT 2", validé par un EOM de sélection (EOM visu). Les décalages de ce registre sont programmés par câblage en fonction du mode choisi.

Les modes de sorties de l'information à visualiser sont au nombre de huit. Les quatre premiers correspondent à des sorties point par point en double ou simple précision, aussi bien d'adresse que de contenu. Les deux modes suivants sont des modes de sorties par bloc utilisant l'instruction BPO, pour les sorties en simple ou double précision du contenu. Ces six modes correspondent au schéma théorique de la figure 14. Nous avons adjoint deux autres modes de sortie. Ce sont des modes de sortie point par point particuliers où l'on ne sort que des adresses en simple ou double précision. **Ces deux modes servent par la génération de caractères**. Nous nous sommes servis du fait que le registre d'adresse était déjà séparé en deux parties X et Y pour la représentation multiparamétrique.

Nous précisons ici que la génération de caractères est faite par programme. Il n'y a pas de circuit générateur de caractères. Les caractères sont constitués par des points sur l'oscilloscope. Les coordonnées de chaque point constituent un mot calculateur. Ce mot d'adresse X-Y comprendra aussi les coordonnées de position de la lettre. Nous avons en mémoire une table de points constituant les lettres ou les caractères.

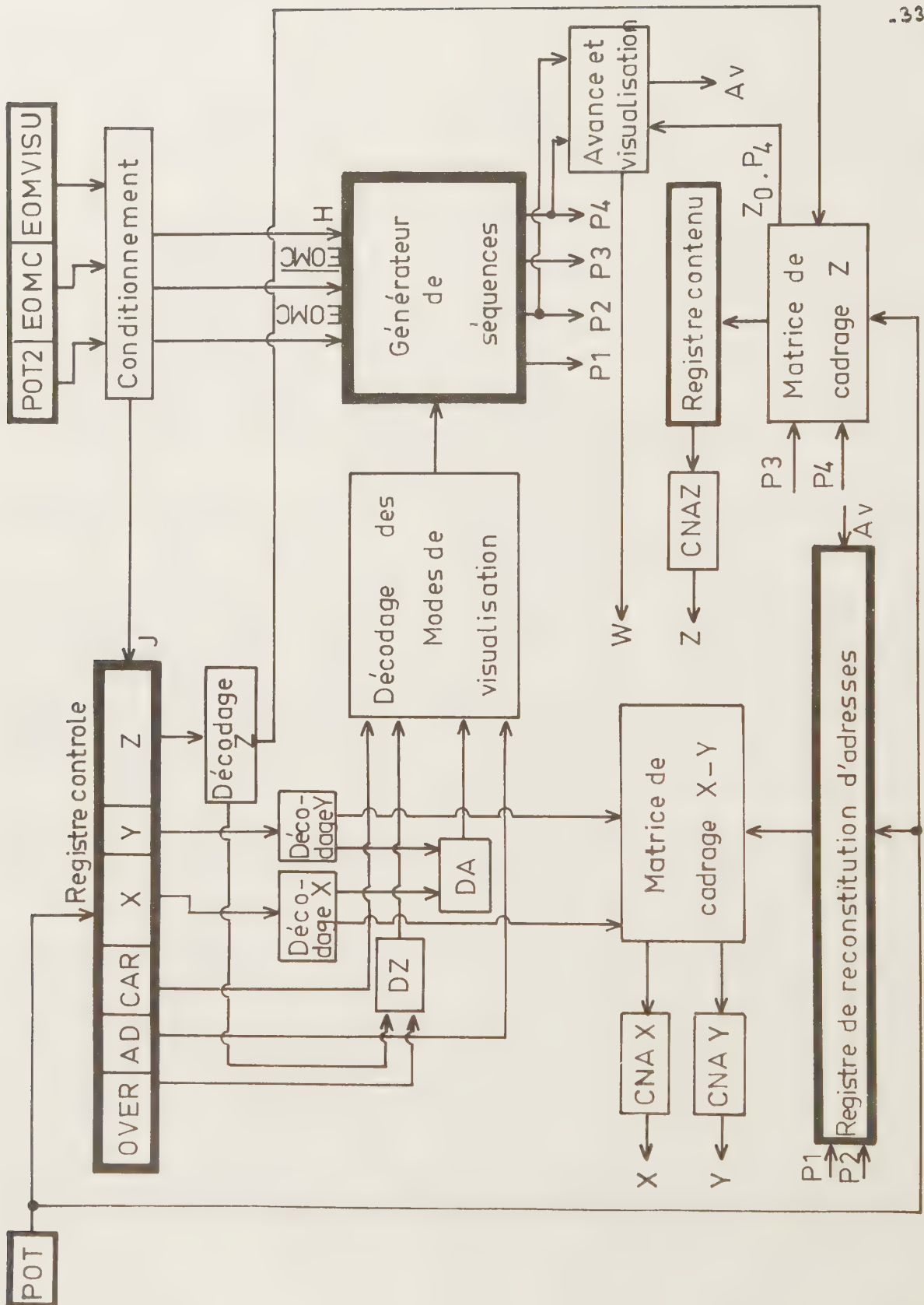


Fig. 16

Les quatre premiers modes cités, ainsi que les deux derniers pour la génération de caractères, sont des modes étudiés pour la sortie point par point. Il n'est pas exclu de les employer avec une instruction de transfert parallèle BPO. Comme dans le cas d'une sortie par bloc en double précision de contenu, il faut regrouper les informations à visualiser suivant un critère d'ordre. Les informations à l'intérieur d'un bloc ne sont pas forcées de s'adresser au même registre. C'est au générateur de séquences de distribuer ces informations vers les registres. Le bloc peut être constitué par une table associative "adresse, contenu". Les signaux de portes P_1 à P_4 du générateur de séquences aiguillent, d'après leur ordre d'arrivée, les informations vers les différents registres : R_{X3} , R_{X12} , R_Z , R_{Z12} . La figure 15 donne le schéma très simplifié de cette unité centrale.

B - Unité centrale.

La figure 16 donne le schéma de l'unité centrale. Elle comprend essentiellement :

- Un registre contrôle (12 bits) ;
- Les circuits de décodage des gammes et des modes ;
- Un générateur de séquences ;
- Un registre de reconstitution d'adresses ;
- Un registre de sortie de contenu ;
- La logique de conditionnement des signaux de modulation lumineuse et des signaux d'horloge des registres ;
- Trois convertisseurs numériques analogiques pour les tensions analogiques à transmettre aux postes locaux.

Le mot de contrôle de l'unité centrale est programmé par l'expérimentateur au poste local. Il est chargé et modifié dans le registre contrôle par l'intermédiaire du calculateur.

EOMC est l'EOM de chargement du mot de contrôle dans le registre de contrôle, il initialise aussi le registre à décalages du générateur de séquences au début de chaque changement de mode de sortie. Le mot de contrôle contient les bits qui décodés assurent le cadrage des convertisseurs numériques analogiques devant les registres. Le décodage du mot de contrôle assume en outre la sensibilisation des lignes de la matrice de programmation des décalages du générateur de séquences.

Pour diminuer la dimension du registre de contenu, celui-ci se place derrière la matrice de cadrage Z et n'a donc que les 9 bits correspondants aux 9 bits du convertisseur CNAZ. Le registre d'adresses doit avoir nécessairement 15 bits, car il se comporte comme une échelle de comptage de 15 bits pour la reconstitution d'adresses. C'est pourquoi la matrice de cadrage se trouve après le registre.

Les tensions analogiques X, Y, Z sont transmises aux postes locaux par câbles coaxiaux adaptés, ainsi que le signal d'illumination de wehnelt W.

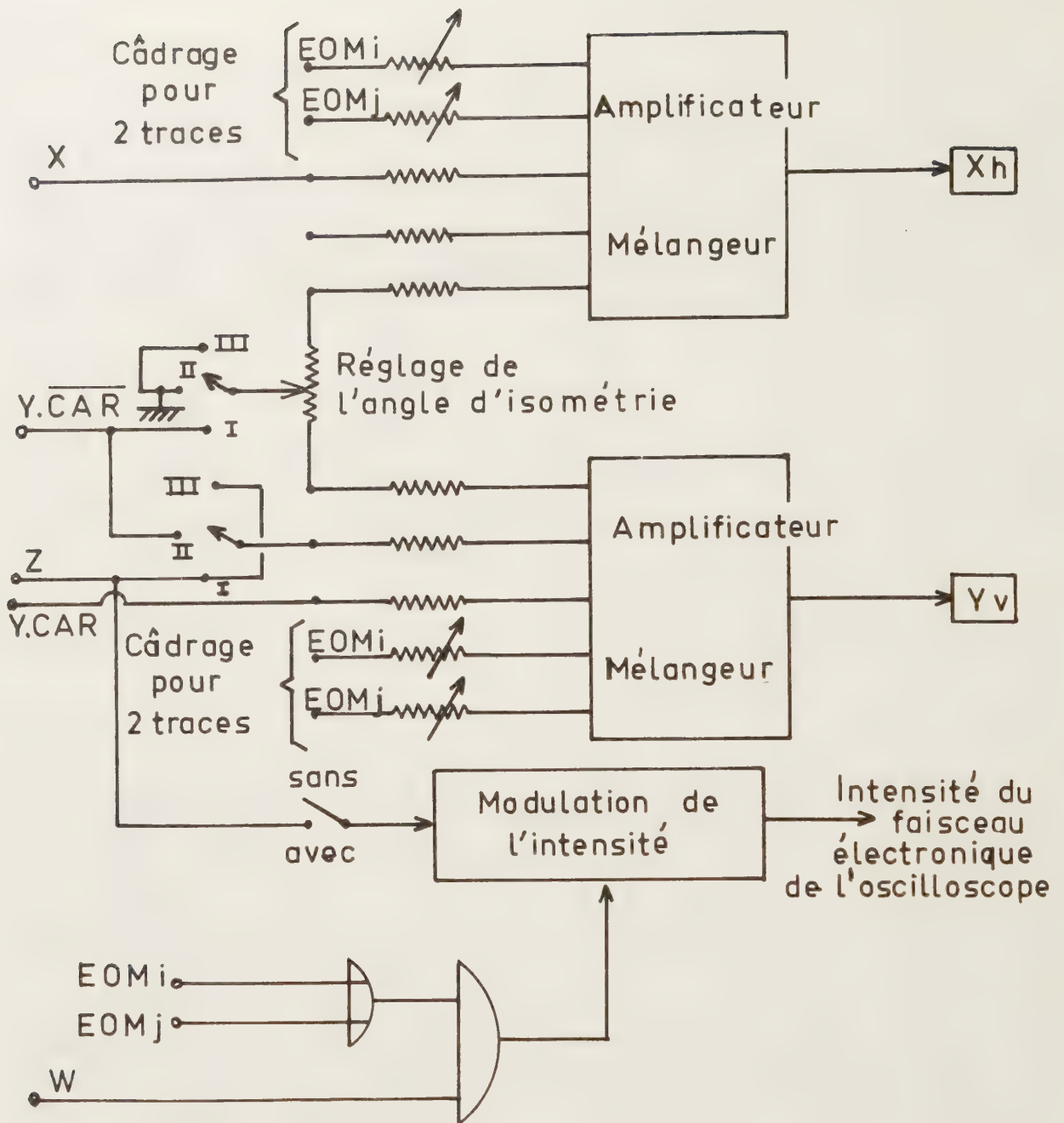


Fig. 17

C - Eléments de contrôle et circuits de l'ensemble local de visualisation.

Nous y trouvons principalement deux amplificateurs de mélange et, sur le panneau de contrôle, le commutateur de choix de représentation, le commutateur de choix de modulation d'intensité ainsi que le réglage continu de α et de β pour des angles θ compris entre 30 et 60° , les câdrages relatifs des traces quand il y a dédoublement de celles-ci par commutation électronique. Nous trouvons aussi la commande du bistable marche-arrêt. Des registres à interrupteurs ou des commutateurs CONTRAVES permettent de programmer des mots de contrôle :

- Un, spécifique de la visualisation (mot de contrôle du poste central) ;

Deux autres mots de contrôle en double précision pour d'autres utilisations. (Origines de la zone à visualiser, points surbrillants).

Si la lecture par le calculateur du bistable indique que le poste local est en fonctionnement, on vient lire, par une série de séquences EOM, PIN, chaque mot de contrôle programmé au poste local. Nous pouvons avoir le contrôle visuel de l'action de ce mot de contrôle en utilisant l'unité de visualisation elle-même. Nous affichons numériquement les coordonnées résultant du traitement de ce mot par l'unité centrale de visualisation. Le mode de sortie imposé par le programme au poste central est un mode de génération de caractères.

La figure 17 donne un schéma du poste local. D'autres dispositions sont possibles.

En position I du commutateur, nous sommes en représentation isométrique.

En position II du commutateur, nous sommes en représentation de projection et de courbes de niveau.

En position III du commutateur, nous sommes en représentation normale.

Quand il y a génération de caractères ($CAR = 1$), nous trouvons sur l'entrée de l'amplificateur horizontal $x_h = X$ et sur l'entrée de l'amplificateur vertical soit $y_v = Y + Z$ (position I et III), soit $y_v = Y$ (position II). A l'entrée du système de modulation lumineuse du faisceau électronique de l'oscilloscope, nous trouvons la tension analogique Z. Dans la génération de caractères $Z = 0$; donc quelle que soit la position du commutateur nous avons :

$$x_h = X$$

$$y_v = Y$$

et aucune modulation lumineuse du faisceau.

Le tableau de la figure 18 résume les différentes combinaisons.

Nous pouvons alterner en séquence plusieurs représentations, dans un même mode, mais relatives à des zones de mémoire différentes. Dans ce cas, nous avons prévu un cadrage indépendant pour chacune d'elles. Nous réalisons ainsi une véritable commutation électronique des traces. Nous pouvons voir, sur la figure 17, la présentation relative à ces deux traces. Un EOM spécifique pour chaque trace contrôle les niveaux de cadrage à l'entrée des amplificateurs mélangeurs. Ces deux EOM, réunis logiquement, contrôlent la modulation d'intensité sur le faisceau de l'oscilloscope.

Nous pouvons donc avoir sur le même écran d'oscilloscope, deux courbes distinctes, mais dans un même type de représentation, avec deux commentaires distincts.

Commutateur de sélection de représentation	Génération de CARACTÈRES CAR=1		Sans Génération de CARACTÈRES CAR=1		Représentation obtenue	Remar- ques
	Mélanges	Modulation Intensité	Mélanges	Modulation Intensité		
Position 1	$X_h = X$ $Y_v = Y + Z = Y$ $Car Z = 0$	Modulation lumineuse nulle $Car Z = 0$	$X_h = X + \alpha Y$ $Y_v = Z + \beta Y$	Avec	Isométrique	I II
				Sans		II
Position 2	$X_h = X$ $Y_v = Y$		$X_h = X$ $Y_v = Y$	Avec	en projection	
				Sans	en courbe de niveau	
Position 3	$X_h = X$ $Y_v = Y + Z = Y$ $Car Z = 0$		$X_h = X$ $Y_v = Z$	Avec	normale	I
				Sans		

Remarques :

I _ les sommets des pics sont plus brillants .

II _ possibilité de réglage de l'angle d'isométrie .

Fig. 18

CHAPITRE IV

DESCRIPTION DU SYSTEME CENTRAL

Nous allons maintenant décrire le système central de visualisation, réalisé avec des modules CAE. Pour la commodité de maintenance de ce système, les schémas et les conventions de symboles logiques que nous emploierons seront ceux adoptés par le constructeur.

En particulier les schémas des bistables FH20, reproduits tout au long de cette description, s'inspirent très largement de la schématisation CAE.

Nous rappellerons d'abord le nom des signaux du coupleur nécessaires à l'unité centrale, puis nous décrirons les organes constitutifs de l'unité centrale.

EOM nécessaires au fonctionnement de l'unité centrale.

Il y a deux phases dans le fonctionnement de l'unité centrale :

- 1) La phase de chargement du mot de contrôle.
- 2) La phase de sortie des informations à visualiser.

Le registre contrôle est chargé en parallèle à partir des lignes POT, par un signal horloge :

$$J = \text{EOM C. POT 2} \quad (3)$$

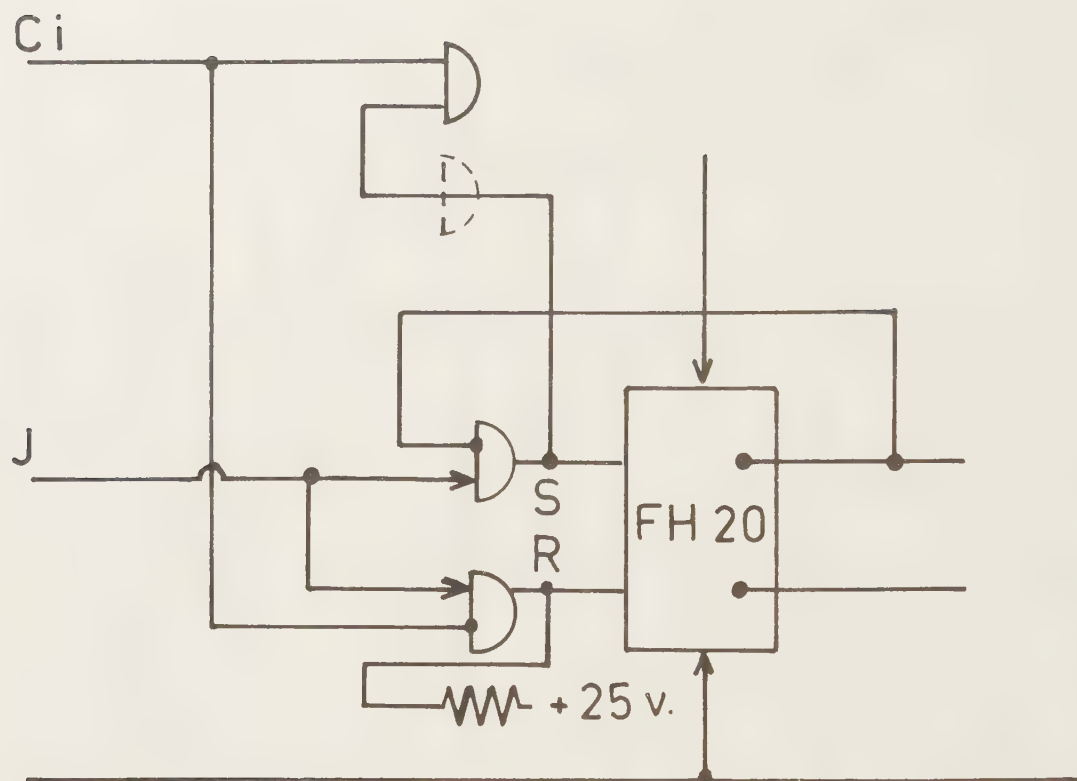
La seconde phase est validée par un autre EOM de sélection : EOM visu. C'est pendant cette phase que le signal :

$$H = \text{EOM visu. POT 2} \quad (4)$$

sert de signal horloge au registre de décalage (4 bits) du générateur de séquences. Pendant cette seconde phase, le contenu du registre contrôle reste identique à ce qu'il était après chargement.

Nous voyons que l'unité centrale nécessite du coupleur les signaux suivants :

- Deux EOM de sélection (EOM C et EOM visu) ;
- Le signal d'accompagnement de sortie parallèle (POT 2) ;
- Les douze lignes POT.



C i	Etats antérieurs du bistable	
	0	1
1	$\left. \begin{array}{l} S = 1 \\ R = 0 \end{array} \right\} 1$	$\left. \begin{array}{l} S = 0 \\ R = 0 \end{array} \right\} 1$
0	$\left. \begin{array}{l} S = 0 \\ R = 1 \end{array} \right\} 0$	$\left. \begin{array}{l} S = 0 \\ R = 1 \end{array} \right\} 0$

Fig. 19

1 - REGISTRE CONTROLE.

A - Constitution du mot de contrôle.

C'est par lui que l'on choisit le mode de visualisation, les extensions X et Y, converties à partir de son contenu, du registre de reconstitution d'adresses, ainsi que la gamme de câdrage de présentation des contenus. Il change de valeur à chaque changement de mode.

Les douze bits se décomposent comme suit, en partant des bits les plus significatifs vers les moins significatifs :

- Un bit "OVER" utilisé dans les séquences de visualisation avec dépassement ;
- Un bit "AD" qui précise si le mode de visualisation comporte une séquence d'adresse. Il distingue entre une sortie point par point et une sortie par bloc ;
- Un bit "CAR" qui indique si l'on procède à une génération de caractères ;
- Trois bits "EXTENSION X" qui, après décodage, définissent 8 gammes d'extension allant de 64 à 8 K canaux pour une déviation totale sur l'oscilloscope ;
- Deux bits "EXTENSION Y" qui, après décodage, définissent 4 gammes d'extension totale pour une représentation multiparamétrique XY, de 32 K à 4 K ;
- Quatre bits "GAMME Z" qui, après décodage, définissent 12 gammes de câdrage des contenus couvrant de 64 à 128 K pour une déviation totale sur l'oscilloscope.

B - Chargement du mot de contrôle.

Le mot de contrôle est programmé manuellement au poste local sur un registre comportant 12 interrupteurs. Il est stocké dans la mémoire centrale du calculateur, puis chargé dans le registre contrôle.

Le calculateur peut à tout moment modifier, selon les besoins du programme de visualisation, le contenu du registre contrôle. Les modes de sortie sont donc sous contrôle calculateur.

C - Constitution du registre contrôle.

Le registre contrôle est constitué de 12 bistables à positionnement parallèle. Un de ces bistables est représenté sur la figure 19.

Le positionnement se fait sans ambiguïté en appliquant à la fois le signal de positionnement sur l'entrée de positionnement et sur l'entrée d'inhibition de la remise à zéro. Le signal horloge est :

$$J = \text{EOMC. POT2.} \quad (3)$$

Il y a positionnement du registre sur le front arrière de celui-ci. Il reste positionné pendant toute la durée de la phase de visualisation.

2 - DECODAGE DES GAMMES ET DES MODES.

A - Décodage des gammes d'extension X Y et des gammes de câdrage du contenu.

Ce sont les 9 bits les moins significatifs du mot de contrôle que l'on décode :

- Les 3 "bits d'extension X" donnent 8 gammes d'extension X :

Code

000	X1	64 mots
001	X2	128 "
010	X3	256 "
011	X4	512 "
100	X5	1K "
101	X6	2K "
110	X7	4K "
111	X8	8K "

- Les 2 "bits d'extension Y" donnent 4 gammes d'extension Y :

Code

00	Y1	4K mots
01	Y2	8K "
10	Y3	16K "
11	Y4	32K "

- Les 4 "bits de gamme Z" donnent 12 gammes de câdrage du contenu :

Code

0000	G1	64 événements
0001	G2	128 "
0010	G3	256 "
0011	G4	512 "
0100	G5	1K "
0101	G6	2K "
0110	G7	4K "
0111	G8	8K "
1000	G9	16K "
1001	G10	32K "
1010	G11	64K "
1011	G12	128K "

REGISTRE DE RECONSTITUTION D'ADRESSES

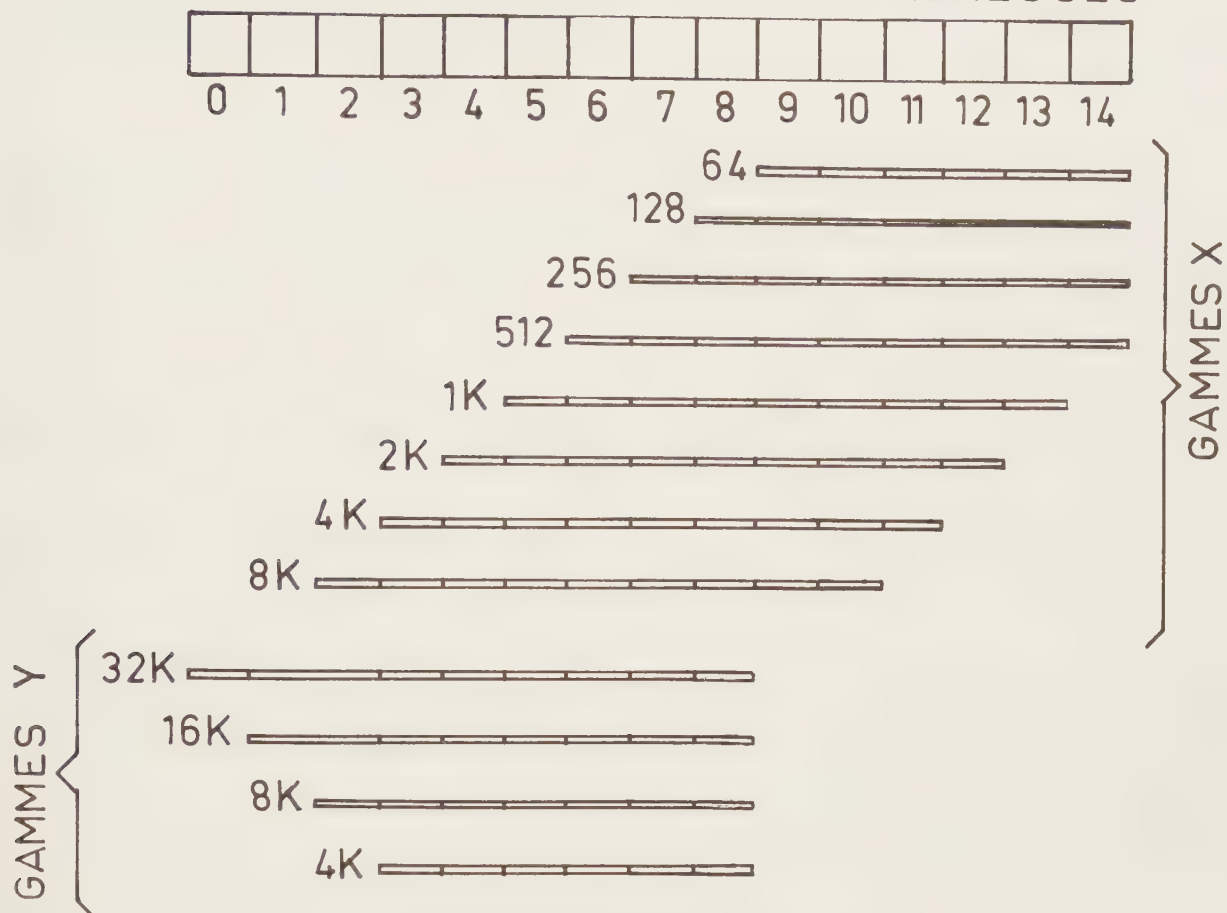


Fig. 20

B - Répartition des gammes d'extension.

Cette répartition est représentée sur la figure 20. Les segments correspondent aux zones décodées pour chaque gamme de câdrage. Chaque segment élémentaire représente un bit, les bits de plus fort poids du registre de reconstitution d'adresses étant à gauche.

La partie Y représente la partie haute de l'adresse, tandis que X représente la partie basse de l'adresse. Quand on est en représentation normale (présentation du contenu Z de l'adresse X), l'extension totale de la zone adresse à visualiser est de 8K. En mode de génération de caractères, X et Y sont convertis en tensions analogiques directement appliquées sur les amplificateurs X et Y de l'oscilloscope. En représentation isométrique, Y représente alors l'extension totale. Suivant les gammes d'extension X et Y choisies, il y a annulation des bits de Y communs aux bits de X.

Exemple (figure 21) : La gamme d'extension X choisie étant 512 et la gamme d'extension Y choisie étant 8 K,

Dans la présentation d'adresse à 2 paramètres d'extension total 8 K, c'est-à-dire de 13 bits, il y aura 4 bits significatifs Y, les 3 bits inférieurs étant annulés, et 9 bits significatifs X.

Cette suppression des bits communs est faite au niveau des matrices de câdrage de l'information (c'est-à-dire le mot de 15 bits) devant les convertisseurs numériques analogiques X et Y.

C - Décodage des 8 modes de visualisation.

Les modes de sortie pour la visualisation sont au nombre de huit, ils vont être donnés par des fonctions logiques de certaines gammes et par des bits significatifs du mot de contrôle.

1. Description des 8 modes de visualisation :

- M1 Sortie en double précision adresse et en double précision contenu.
- M2 Sortie en double précision adresse et en simple précision contenu.
- M3 Sortie en simple précision adresse et en double précision contenu.
- M4 Sortie en simple précision adresse et en simple précision contenu. (mode normal).
- M5 Sortie du contenu seul, en double précision.
- M6 Sortie du contenu seul, en simple précision.
- M7 Sortie d'une adresse seule, en double précision.
- M8 Sortie d'une adresse seule, en simple précision.

Les modes M1 à M4 sont des modes de sortie point par point.

Les modes de sortie M7 et M8 sont des modes particuliers de sortie par points, où l'on ne sort qu'une adresse ; ils sont utilisés pour la génération de caractères.

Les modes de sortie M5 et M6 sont des modes de sortie par bloc (séquence BPO).

Pour les modes de sortie par points, on vient imposer la valeur du registre de reconstitution d'adresses.

Annulation des bits communs .

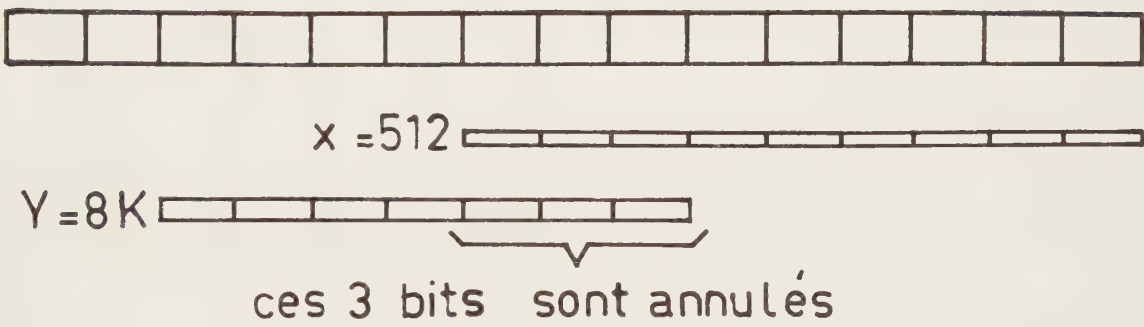


Fig. 21

Modes de sortie	Adresse	Contenu	CAR	DZ	DA	AD	Séquences de signaux de porte
M ₁	DP	DP	0	1	1	1	P ₁ P ₂ P ₃ P ₄
M ₂	DP	SP	0	0	1	1	P ₁ P ₂ — P ₄
M ₃	SP	DP	0	1	0	1	— P ₂ P ₃ P ₄
M ₄	SP	SP	0	0	0	1	— P ₂ — P ₄
M ₅	SANS	DP	0	1	1	0	— — P ₃ P ₄
			0	1	0	0	
M ₆	SANS	SP	0	0	1	0	— — — — P ₄
			0	0	0	0	
M ₇	DP	SANS	1	0	1	1	P ₁ P ₂ — —
M ₈	SP	SANS	1	0	0	1	— P ₂ — —

D.P = double précision
S.P = simple précision

MODES DE SORTIE

Fig. 22

2. Variables nécessaires pour décoder les modes de visualisation : voir figure 22.

On prend, d'une part, 2 bits du mot de contrôle (AD et CAR) et, d'autre part, on construit deux variables logiques :

DA double précision adresse,

DZ double précision contenu.

- DA est une variable logique qui doit être vraie quand les gammes choisies imposent une sortie de l'adresse en double précision :

- a) En représentation normale, toute gamme X supérieure à 4 K, soit la gamme X 8 (8K).
- b) En représentation isométrique, toute gamme Y supérieure à 4K, soit les gammes Y 4 (32K), Y 3 (16K) et Y 2 (8K).

Le signal logique DA est donc égal à :

$$DA = X\ 8 + Y\ 2 + Y\ 3 + Y\ 4 \quad (5)$$

- DZ est une variable logique qui doit être vraie, quand on procède à une sortie de contenu en double précision.

Pour construire DZ on se sert de OVER. OVER est un bit du mot de contrôle qui est positionné à 1 quand, lors de dépassements, on ne veut faire qu'une sortie par bloc en simple précision de contenu. Le dépassement est marqué par le positionnement à 1 du bit le moins significatif du contenu Z_0 et est éprouvé par OVER. DZ est aussi fonction des gammes de contenu qui obligent à une sortie en double précision ; soit les gammes dépassant 2K : G7, G8, G9, G10, G11, G12. DZ est défini ainsi :

$$DZ = (G7 + G8 + G9 + G10 + G11 + G12) \cdot \overline{OVER}. \quad (6)$$

On voit que DZ est nul pour les gammes inférieures à 2K.

3. Décodage des modes de sortie :

Nous voyons apparaître, sur le tableau de la figure 22, les signaux de porte P_1, P_2, P_3, P_4 .

Ces sont des signaux logiques de validation de chargement parallèle du registre de reconstitution d'adresses et du registre de sortie de contenu.

P_1 et P_2 sont des signaux de portes de chargement du registre de reconstitution d'adresses : P_1 pour la partie haute de l'adresse (3 bits les plus significatifs), P_2 pour la partie basse (12 derniers bits) ; P_3 et P_4 étant les signaux de portes pour le chargement du registre de sortie de contenu : P_3 pour le chargement en double précision et P_4 pour le chargement en simple précision.

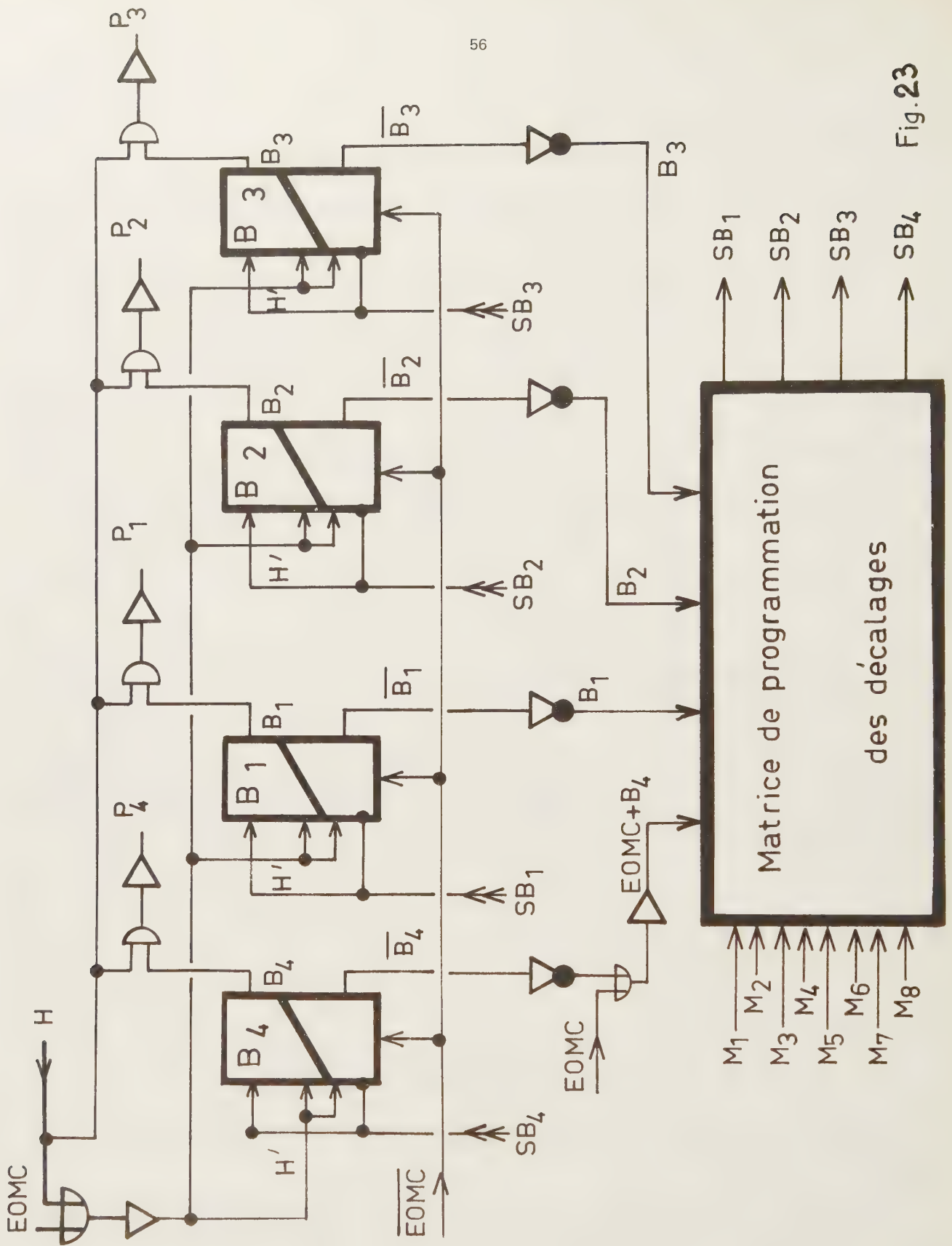


Fig. 23

3 - GENERATEUR DE SEQUENCES.

Nous avons vu que, suivant les modes de sortie de visualisation, les séquences de signaux de portes étaient différentes.

Le générateur de séquences assure la fonction suivante : la succession sélective des 4 signaux de portes suivant le mode de visualisation choisi. Puisqu'il y a quatre signaux de portes différents, si l'on procédait par programme, il faudrait y consacrer 4 EOM de sélection spéciaux pour les chargements de registres :

$$\begin{aligned} \text{EOM 1.} \quad \text{POT 2} &= \text{P1} \\ \text{EOM 2.} \quad \text{POT 2} &= \text{P2} \\ \text{EOM 3.} \quad \text{POT 2} &= \text{P3} \\ \text{EOM 4.} \quad \text{POT 2} &= \text{P4} \end{aligned} \quad (7)$$

alors qu'avec la solution d'un registre à décalage on ne se sert que d'un seul EOM de sélection : EOM visu.

Il faut malgré tout, avoir un autre EOM de sélection : EOMC, pour le chargement du registre de contrôle. On gagne donc deux EOM et beaucoup de souplesse, car il suffit de programmer le mot de contrôle pour avoir aussitôt le mode de sortie correspondant. Avec une solution programmée, il faut avoir une bibliothèque de programmes de visualisation plus importante, pratiquement un sous-programme spécial de génération des EOM par mode envisagé et un sous-programme de décodage des modes.

On peut considérer que le registre de séquences est comparable à une bibliothèque de sous-programmes, l'appel au sous-programme de séquence se faisant par chargement du mot de contrôle.

Ces sous-programmes spéciaux pour chaque sortie contiendraient les EOM correspondant aux signaux de portes nécessaires pour le mode, ils regrouperaient l'information pour une sortie plus rapide. Il est à remarquer que ce regroupement doit être toujours pratiqué par programme, même dans le cas du générateur de séquences câblé.

A - Constitution du registre à décalage (figure 23).

Le signal d'horloge du registre à décalage est :

$$\text{EOM visu. POT 2} = \text{H}, \quad (8)$$

POT 2 étant le signal d'accompagnement de sortie parallèle. L'échantillonnage ("ET" logique) se fait dans la partie conditionnement de l'unité centrale.

Le registre à décalage comporte 4 bistables dont, **à chaque instant, un seul est à l'état 1**. Les quatre signaux de porte P_i (avec i compris entre 1 et 4), qui doivent être présents quand l'information sort du calculateur sur les lignes POT, sont nécessairement l'intersection logique de la sortie B_i du bistable correspondant au signal de porte avec H, le signal d'horloge, d'où :

$$P_i = B_i \cdot H. \quad (9)$$

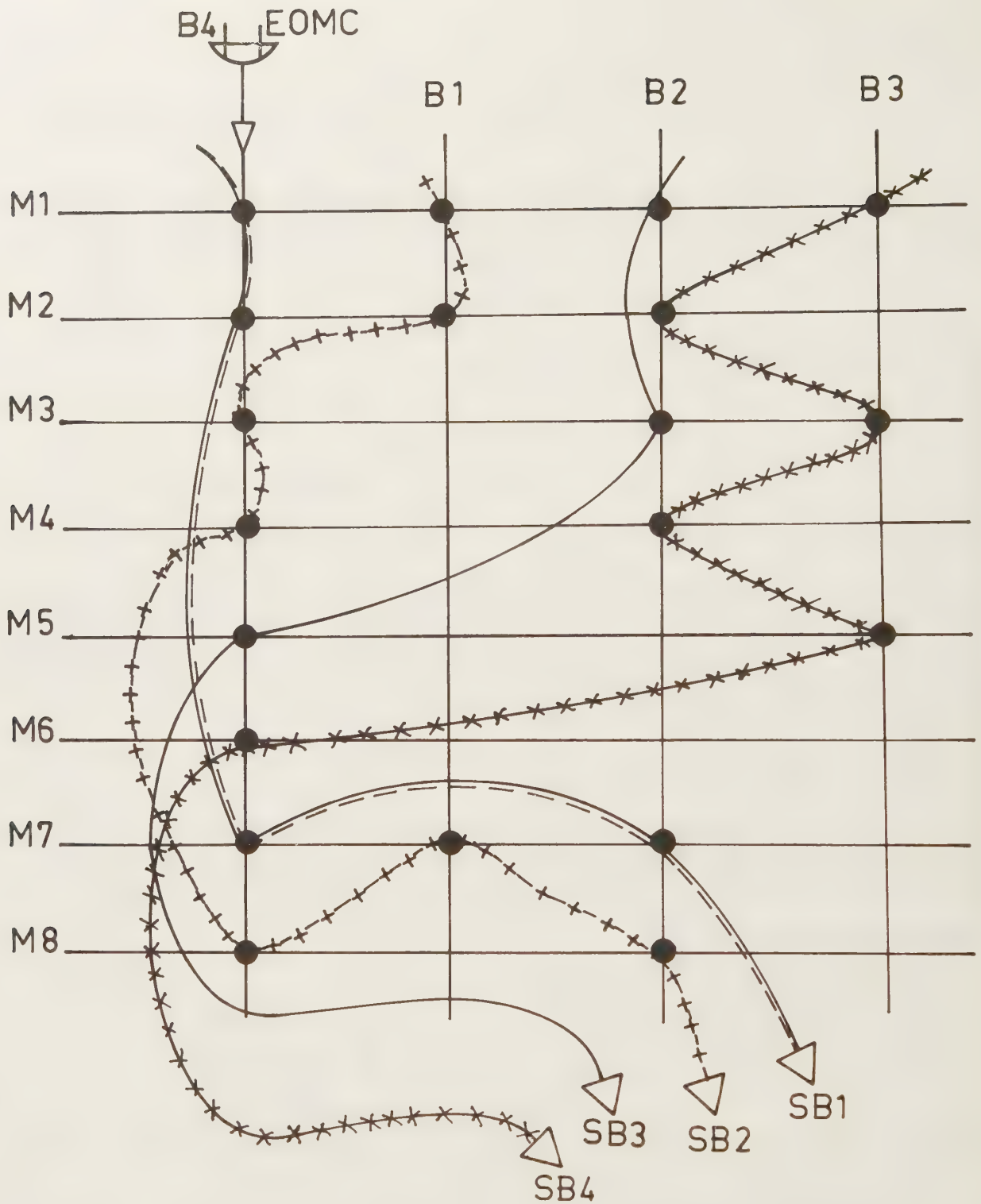


Fig. 24

Le registre est entièrement remis à zéro, au début de la première phase du fonctionnement de l'unité centrale, par le signal $\overline{EOMC}$.

La remise à zéro se fait en couplage direct par mise au potentiel 0 de l'entrée de remise à zéro. Elle se fait, ici, sur le front de descente de + 8V à 0V du signal $\overline{EOMC}$, donc la remise à zéro a lieu sur le front avant de EOMC, soit au début du chargement du mot de contrôle.

B - Matrice de programmation des décalages (figure 24).

Pour assurer la fonction logique de récurrence des décalages :

$$P_i(t+1) = F(M_j, H, P_i(t)) \quad (10)$$

t désignant la séquence en cours, M_j désignant l'un des modes de M1 à M8, il existe une matrice de programmation des décalages. C'est une matrice à trois dimensions qui donne les signaux SB_i (signal de positionnement appliqué sur les bistables en même temps que le signal horloge) avec :

$$SB_i = f(M_j, B_k). \quad (11)$$

Dans cette formule, l'indice k peut être différent de l'indice i.

A chaque instant, il n'y a qu'un seul signal SB_i qui est à l'état 1. Ces signaux SB_i sont des signaux de niveau.

C - Initialisation du registre.

Quand on considère le tableau 22 des modes de sortie, on s'aperçoit que, sauf dans le cas de sortie de caractères, le dernier signal de porte est P_4 .

Comme le générateur de séquences est un "système bouclé" où le signal de porte à un instant donné dépend de celui existant à l'instant d'avant, le premier signal de porte de la séquence dépend donc du dernier signal de porte.

Pour les six premiers modes de sortie (où le dernier signal de porte est P_4), le premier signal de porte de la séquence dépend de l'état du bistable B_4 .

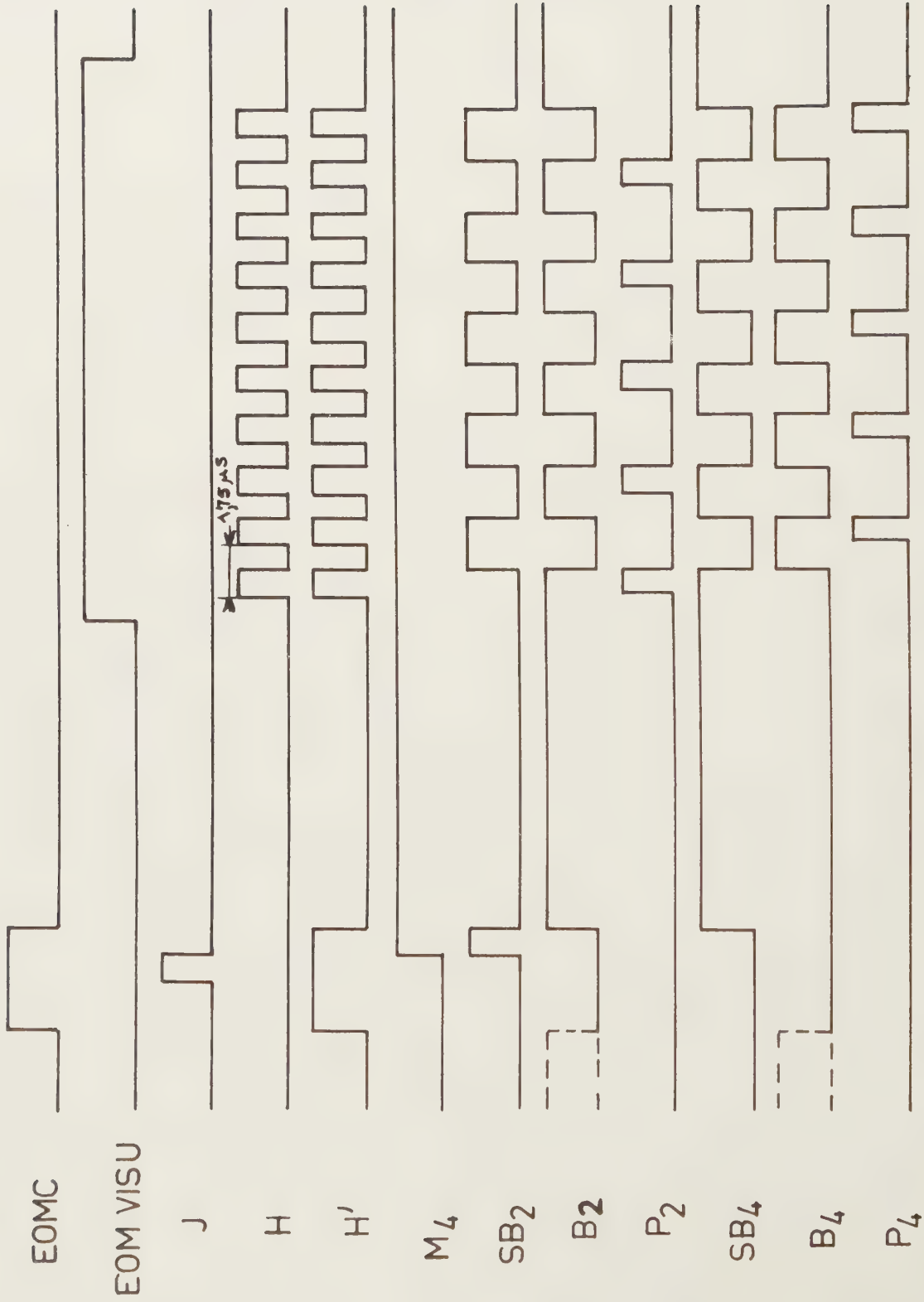
Lors de l'initialisation, on impose l'entrée dans le système bouclé, en substituant EOMC à B_4 . Pour les deux modes de sortie de caractères M7 et M8, on tiendra compte de cette particularité.

Nous avons donc réalisé un "OU" logique sur certains signaux avec EOMC, pour pouvoir initialiser le registre lors du chargement du mot de contrôle.

On peut remarquer sur la figure 23 que, d'une part, le signal horloge du registre n'est plus H, mais :

$$H' = H + EOMC, \quad (12)$$

et, d'autre part, une colonne de la matrice de programmation des décalages n'est pas alimentée par B_4 mais par $B_4 + EOMC$



MODE M4
Fig.25

D - Equations logiques de la matrice de programmation des décalages :

Il est à remarquer qu'il ne s'agit que de niveaux et non d'impulsions.

Les équations logiques sont données par :

$$SB_1 = M1. B_4 + M1. EOMC + M2. B_4 + M2. EOMC + \underline{M7. B_4} + M7. EOMC + M7. B \quad (13)$$

$$SB_2 = M1. B_1 + M2. B_1 + M3. B_4 + M3. EOMC + M4. B_4 + M4. EOMC + \underline{M8. B_4} + M8. EOMC + M7. B_1 + M8. B_2 \quad (14)$$

$$SB_3 = M1. B_2 + M3. B_2 + M5. B_4 + M5. EOMC \quad (15)$$

$$SB_4 = M1. B_3 + M2. B_2 + M3. B_3 + M4. B_2 + M5. B_3 + M6. B_4 + M6. EOMC + M6. EOMC \quad (16)$$

Il n'y a pas, dans les modes de sortie de caractères M7 et M8, de génération de signaux de portes P_4 ; donc le bistable B_4 est toujours à l'état "O" pour ces deux modes-là. D'où les signaux $\underline{M7. B_4}$ et $\underline{M8. B_4}$ correspondent à des cas qui ne se présenteront jamais.

E - Exemples de fonctionnement.

Nous allons décrire le fonctionnement dans deux modes : l'un étant M4, c'est-à-dire le mode normal en simple adresse et simple contenu, et l'autre étant M8, c'est-à-dire le mode de génération de caractères à simple adresse.

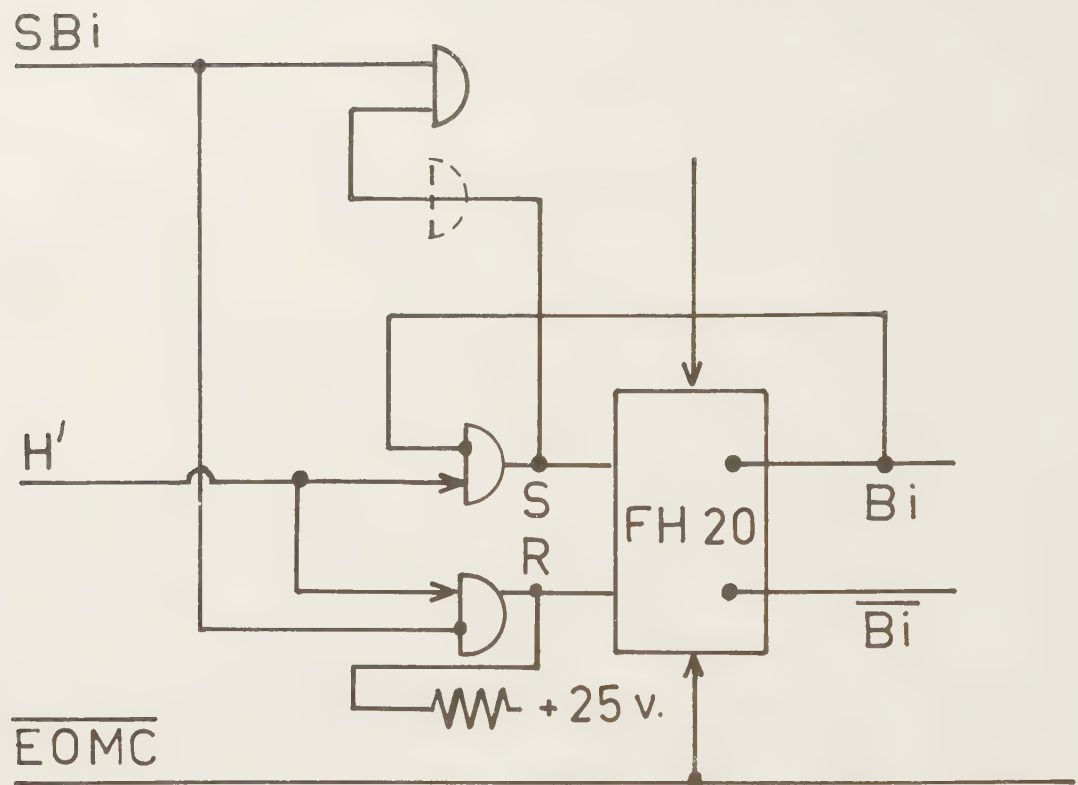
a) Mode M4.

La séquence de signaux de porte est P_2, P_4 . En chargeant le registre de contrôle avec une configuration donnant le mode M4, on initialise le registre à quatre bistables.

1. Il est remis à zéro, sur le front avant de EOMC.
2. Lors du chargement du registre contrôle (se faisant sur le front arrière de J), il y a positionnement du mode M4 avant la fin de EOMC, sur la matrice de programmation des décalages. La colonne $EOMC + B_4$ est excitée, car $EOMC = 1$ et $B_i = 0$ ($i = 1,2,3,4$).

Le mode M4 étant positionné à 1, on a donc $SB_2 = 1$ puisque le seul terme non nul de l'expression (14) SB_2 est $M4. EOMC$.

Sur le front arrière du signal d'horloge donné dans l'équation 12, $H' = H + EOMC$ qui a pour valeur EOMC, car $H = 0$, il y a positionnement à 1 du bistable B_2 . En résumé : 1. $\bar{EOMC}$ remet tous les bistables à zéro ; 2. EOMC positionne le bistable B_2 à 1.



SBi	Etats antérieurs du bistable	
	0	1
1	$\left. \begin{array}{l} S = 1 \\ R = 0 \end{array} \right\} 1$	$\left. \begin{array}{l} S = 0 \\ R = 0 \end{array} \right\} 1$
0	$\left. \begin{array}{l} S = 0 \\ R = 1 \end{array} \right\} 0$	$\left. \begin{array}{l} S = 0 \\ R = 1 \end{array} \right\} 0$

Fig. 26

Nous avons donc, sur une sortie de la matrice de programmation des décalages (voir équation 16)

$$SB_4 = M4. B_2 = 1.$$

Quand il y aura génération de l'EOM visu et que commencera la phase de visualisation proprement dite, le signal d'horloge H' va devenir égal à H.

A la première impulsion (correspondant à la sortie parallèle d'informations) on aura à la fois $B_2 \cdot H = P_2$ et positionnement du bistable B_4 à 1 car le signal SB_4 sera égal à 1 lors de l'impulsion d'horloge.

Si B_4 est à 1, alors c'est la sortie SB_2 de la matrice de décalage qui est égale à 1 (SB_2 se réduit à $M4. B_4$)

La prochaine impulsion d'horloge donnera $B_4 \cdot H = P_4$ et positionnera le bistable B_2 à 1, alors que B_4 est remis à zéro.

Pendant toute la durée d'EOM visu, on aura alternativement les signaux P_2 et P_4 (voir la figure 25 donnant l'évolution des signaux cités plus haut, au cours du temps.)

Le positionnement des bistables se fait sans ambiguïté, grâce à l'emploi de l'entrée d'inhibition de la remise à zéro. Le montage des bistables est le même que pour le registre de contrôle (voir figure 26).

Il n'y a qu'un seul bistable qui est à l'état 1 à un instant donné, puisqu'un seul des signaux SB_i est à 1 à cet instant.

b) Mode M8 :

Lors du chargement du mot de contrôle, tous les bistables sont remis à zéro par $\overline{EOMC}$. L'expression (14) SB_2 se réduit à $M8. EOMC$. Elle est égale à 1. Le signal d'horloge H' donné dans l'équation 12 est alors égal à $EOMC$. Sur son front arrière, on positionne le bistable B_2 à 1, car sur son entrée de remise à zéro nous trouvons le signal $EOMC$. $SB_2 = 0$ et sur son entrée de positionnement nous avons le signal $EOMC. \overline{B_2} \cdot SB_2 = 1$.

Sur les entrées de positionnement des autres bistables, nous avons $EOMC. SB_i = 0$ puisque SB_1, SB_3 et SB_4 sont égaux à zéro. Sur les entrées de remise à zéro des autres bistables, nous avons $EOMC. \overline{SB_i} = 1$, donc les bistables sont remis à zéro de façon redondante.

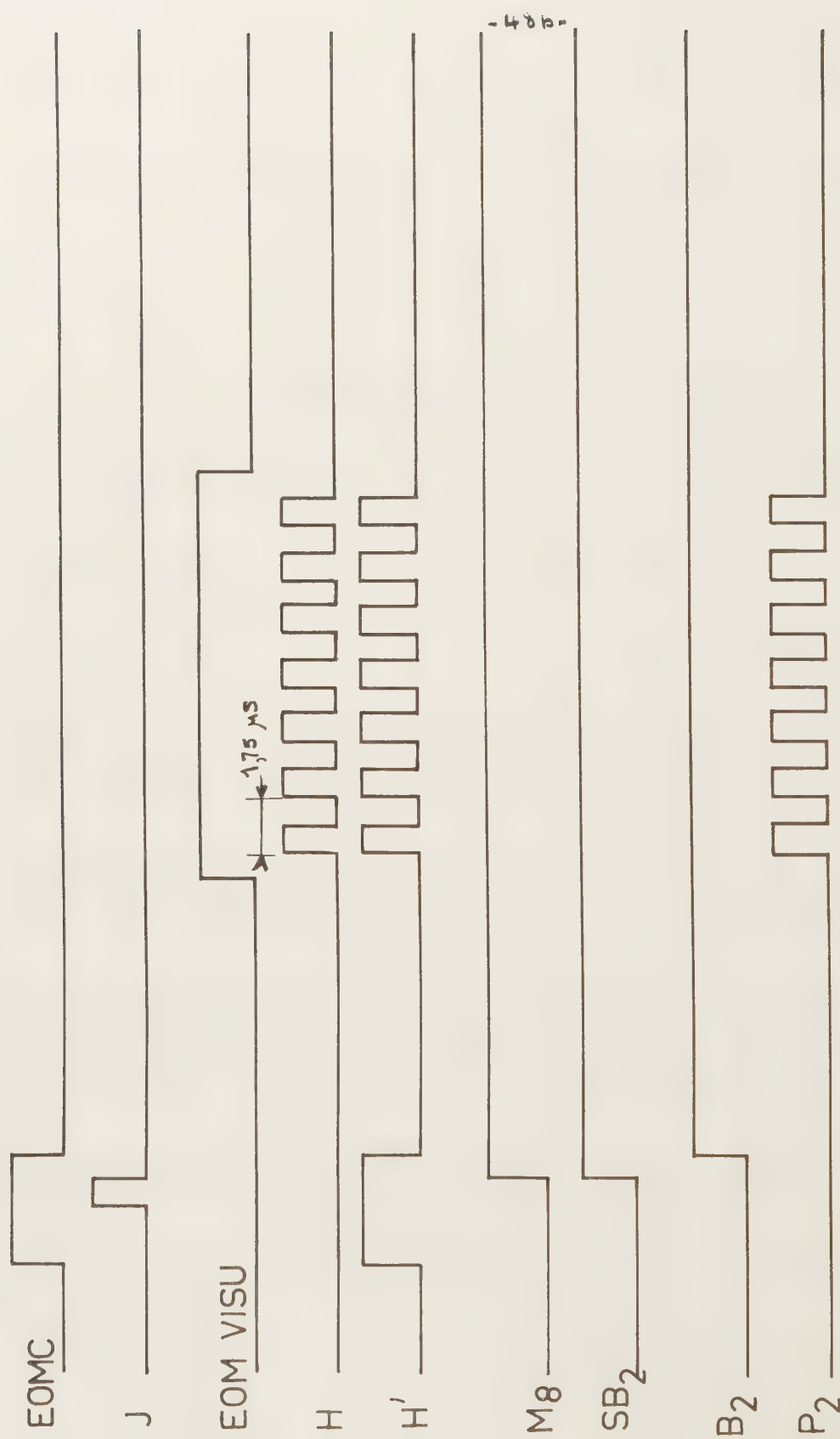
La sortie $SB_2 = M8. B_2$ de la matrice de décalages est excitée. Lors de la sortie de la première adresse de la séquence de caractères, l'impulsion d'horloge vient échantillonner l'état du bistable B_2 , soit : $B_2 \cdot H = P_2$. SB_2 étant positionné à 1 au moment de cette impulsion horloge, sur l'entrée de positionnement du bistable B_2 , on a le signal $\overline{B_2} \cdot SB_2 \cdot H = 0$ et sur l'entrée de remise à zéro $\overline{SB_2} \cdot H = 0$; donc il ne se passe rien et le bistable ne change pas d'état : **il reste à 1**. Pour les autres bistables, ils restent aussi à zéro.

A chaque impulsion d'horloge, on aura donc un signal de porte P_2 et la séquence de sortie du mode M8 sera une succession de signaux P_2 . (voir figure 27 donnant l'évolution des signaux cités plus haut, au cours du temps).

4 - REGISTRE COMPTEUR DE RECONSTITUTION D'ADRESSES (Registre X - Y)

A - Description

Le registre compteur est un registre de 15 bits qui doit répondre à deux objectifs :



MODE M8

Fig. 27

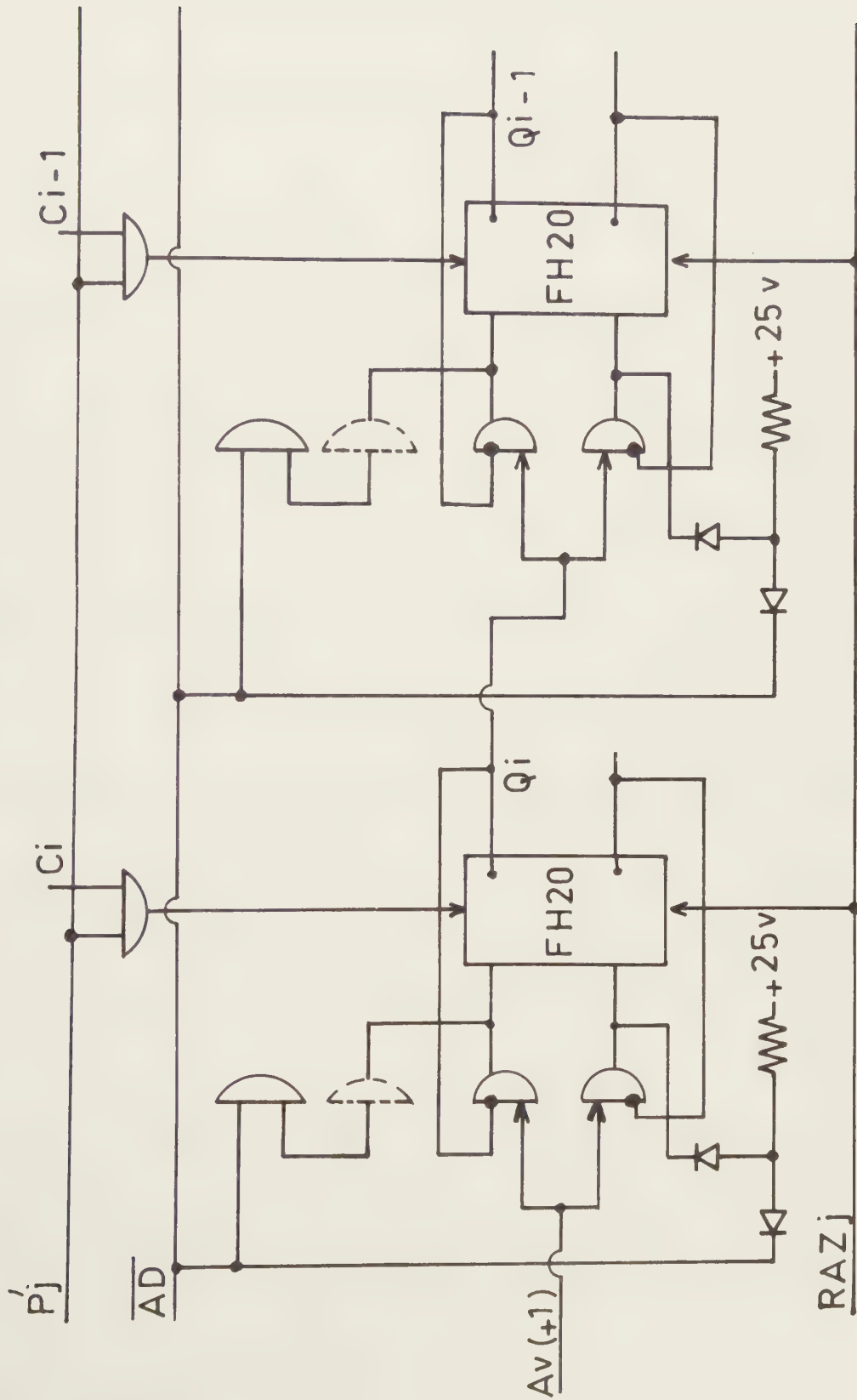


Fig. 28

- 1/ Il reconstitue l'adresse de l'information sortie du calculateur (contenu) dans le cas d'un mode de sortie par bloc.
- 2/ Il sert de registre mémoire pour l'adresse dans le cas d'une sortie avec adresse.

Dans le premier cas, c'est une échelle binaire que l'on incrémente de un à chaque fois que l'on a visualisé un contenu, afin de reconstituer l'adresse du contenu suivant.

Dans le deuxième cas, on positionne le registre en parallèle en deux fois, pour les adresses supérieures à 4K.

P_1 est le signal de porte de la partie haute de l'adresse (3 bits).

P_2 est le signal de porte de la partie basse de l'adresse (12 bits).

B - Problème particulier à ce registre :

Du fait du couplage en série des bistables pour la fonction compteur, il y a un risque, lors du positionnement parallèle, de voir se propager l'information pré-existante dans le registre. Ce risque dépend de l'état dans lequel nous voulons positionner le registre et de l'état initial dans lequel il était.

Il y a aussi un risque de perturber l'adresse qui a été positionnée dans la partie haute (3 bits) quand on positionne la partie basse (12 bits).

Il faut donc que le couplage série entre bistables soit validé par un signal qui assure la dissociation de la fonction échelle de celle de registre mémoire.

Le signal logique de validation aura pour valeur 1 dans le cas du compteur, donc de sortie par bloc, et 0 dans le cas du positionnement parallèle, donc de sortie par points. La variable qui répond à cette condition est $\overline{AD}$. En effet, lors d'une sortie par bloc, il n'y a pas d'adresses :

$$AD = 0 \text{ d'où } \overline{AD} = 1.$$

En d'autres termes, P_1 et P_2 valident le positionnement parallèle et $\overline{AD}$ valide l'avance série de l'échelle de comptage. La figure 28 montre le schéma de montage des bistables du registre compteur.

C - Signal d'avance du registre compteur :

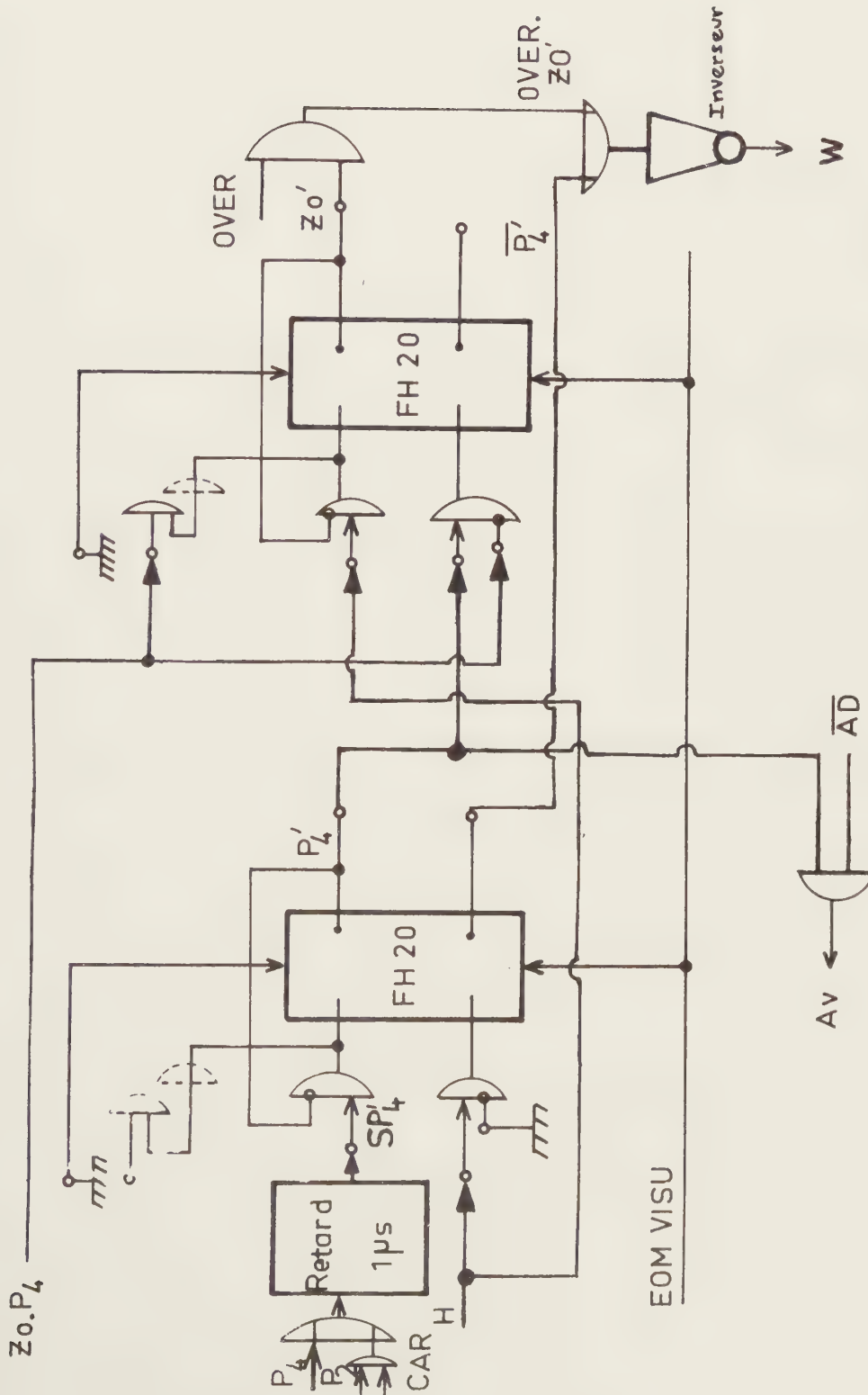
Le signal d'avance est un signal relié à P_4 . En effet, on ne peut incrémenter le registre compteur que lorsque le point précédent a été converti et visualisé sur l'oscilloscope.

On se sert du signal P'_4 qui est un signal semblable à P_4 , mais retardé, d'où nous aurons le signal d'avance AV :

$$AV = P'_4 \cdot \overline{AD} \quad (17)$$

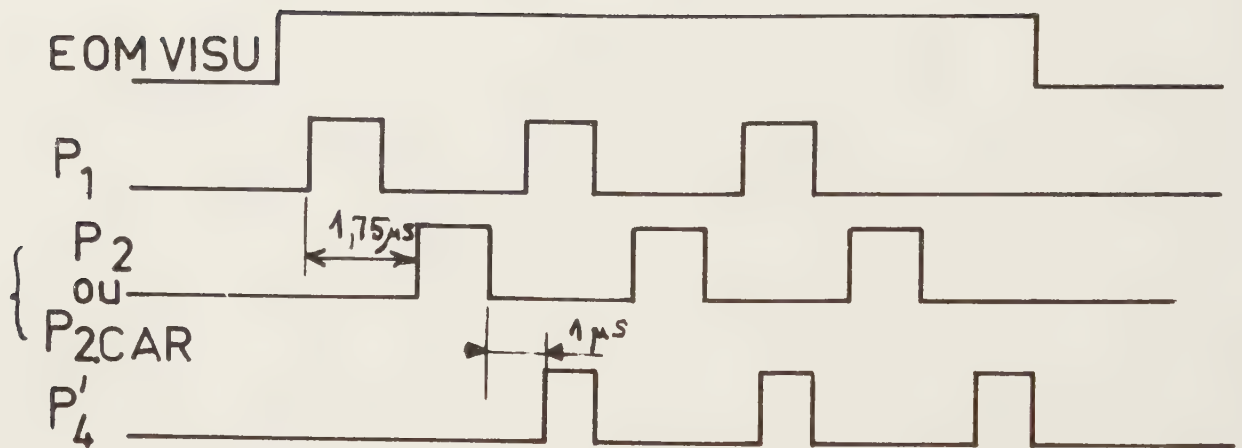
Nous avons retardé l'ordre d'illumination pour pouvoir utiliser le mode de sortie par bloc avec des oscilloscopes de précision dont la bande passante n'est que de 1 Mhz.

On visualise le point, $1\mu s$ après que la dernière partie de l'information formant ce point ait été convertie en tension analogique. A cet instant, les amplificateurs de l'oscilloscope ont eu le temps de se stabiliser. L'échantillonnage des tensions analogiques ne se fait qu'à cet instant. C'est sur le front arrière de Av qu'il y a avance du registre compteur.



- 51 a -

AVANCE ET VISUALISATION
Fig. 29



CAS D'UNE GENERATION DE CARACTERES EN
MODE RAPIDE

Fig. 30

D - Signal d'intensification du Wehnelt : C'est l'ordre d'illumination. Il permet l'échantillonnage des tensions analogiques appliquées sur l'oscilloscope. On ne visualise que pendant la durée de P'_4 . Il faut tenir compte, pour les modes M7 et M8 de génération de caractères du fait que l'information est entièrement convertie et présentée sur l'oscilloscope, après le signal de porte P_2 .

Cela veut dire que P'_4 doit être lié à P_4 par la même relation qui le lie à P_2 dans le cas où il y a génération de caractères ; P_4 et P_2 . CAR auront le même rôle dans l'élaboration de P'_4 .

La validation de visualisation est donnée par OVER Z'_0 , Z'_0 étant le signal qui correspond à la marque de dépassement Z_0 , mais mémorisé jusqu'au retour de P'_4 à zéro. OVER $Z'_0 = 1$ signifie qu'il n'y a pas eu de dépassements, dans une sortie par bloc où l'on ne veut pas visualiser les dépassements ; le signal de Wehnelt sera donc :

$$W = P'_4 \cdot \overline{(\text{OVER} \cdot Z'_0)} \quad (18)$$

E - Elaboration du signal P'_4 :

Nous voyons, sur la figure 29 représentant l'élaboration du signal d'avance et du signal de Wehnelt, que le signal P'_4 obtenu en sortie du premier bistable est positionné par le signal :

$$SP'_4 = (P_4 + P_2 \cdot \text{CAR}) \cdot \theta \cdot \overline{P'_4} \quad (19)$$

où θ est une fonction retard du front arrière du signal $(P_4 + P_2 \cdot \text{CAR})$. Le bistable est remis à zéro dès qu'il y a perturbation de l'information que l'on visualise. Il est remis à zéro dans le cas de point isolé ou dans le cas du dernier point d'un bloc par EOM visu sur l'entrée directe de remise à zéro.

Prenons comme exemple le cas d'un mode de génération de caractères dans le mode M7 (signaux de porte correspondants P_1 , P_2). L'évolution des signaux en fonction du temps est représentée par la figure 30.

Nous sommes dans un mode de génération de caractères, donc nous savons que l'information est tout à fait convertie, pour chaque point, après le chargement de la partie basse du registre compteur ; on peut donc visualiser ce point après le signal $P_2 \cdot \text{CAR}$.

L'impulsion d'horloge suivante correspond au signal de porte P_1 ce qui veut dire que l'on charge de nouveau la partie haute du point suivant ; l'information est perturbée, donc il ne faut plus la visualiser, c'est pourquoi le signal P'_4 est remis à zéro.

Si nous reprenons l'expression du signal Av (équation 17) $Av = P'_4 \cdot \overline{AD}$ on voit que :

$$Av = (P_4 + P_2 \cdot \text{CAR}) \cdot \theta' \cdot \overline{AD} \quad (20)$$

où θ' traduit l'effet de retard et de mémorisation jusqu'à la prochaine impulsion horloge.

$$Av = P_4 \cdot \theta' \cdot \overline{AD} + P_2 \cdot \text{CAR} \cdot \theta' \cdot \overline{AD} \quad (21)$$

Le dernier terme est nul car, quand $\overline{AD} = 1$, il n'y a pas de séquence adresse, donc $P_2 = 0$.

Le signal d'avance n'est bien lié qu'à P_4 ; le signal de Wehnelt est relié, soit à P_2 dans le cas d'un mode de génération, soit à P_4 .

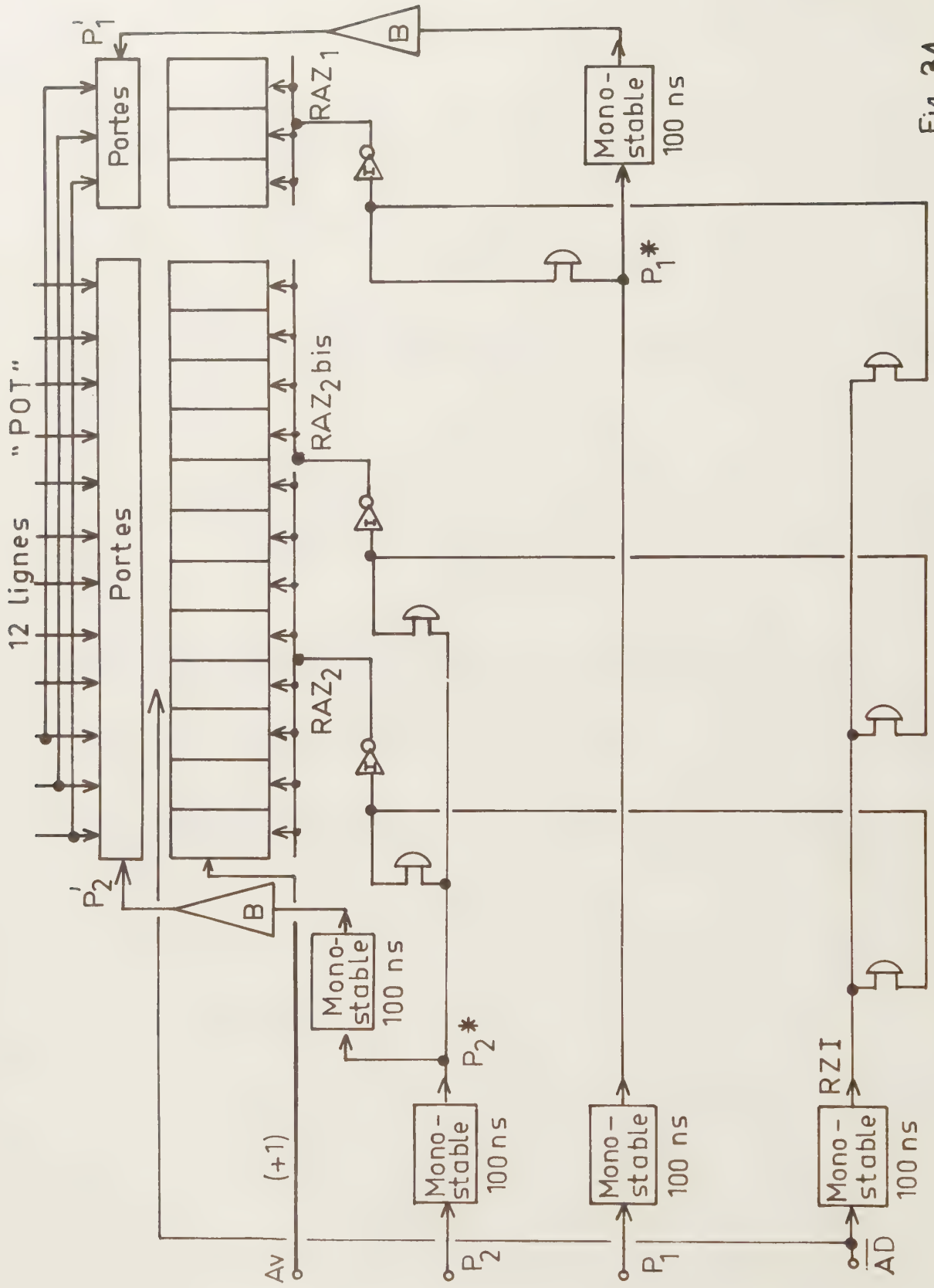


Fig. 34

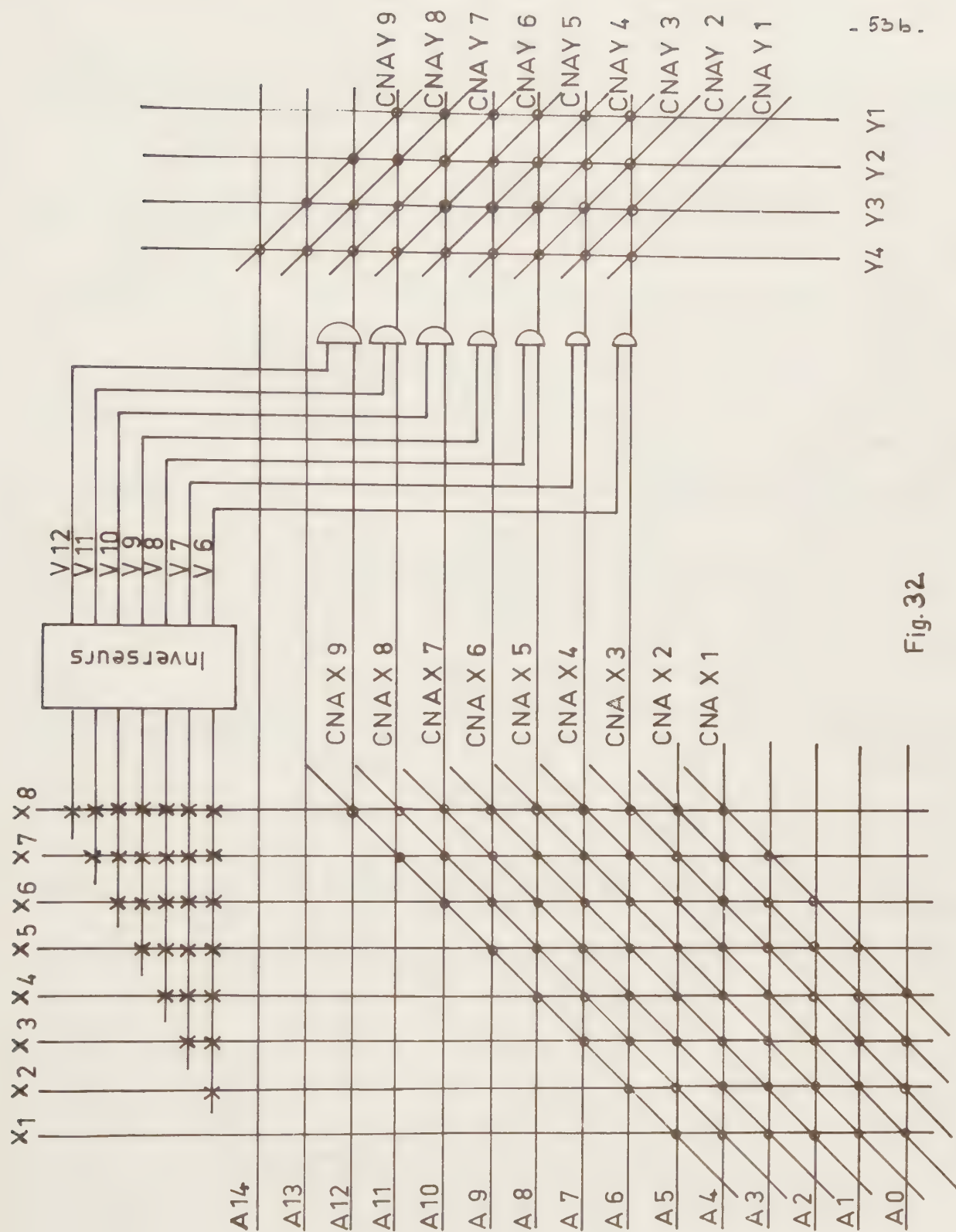


Fig. 32

F - Fonctionnement général du registre :

Avec les bistables FH 20 que nous utilisons pour réaliser simultanément les deux fonctions : échelle de comptage (emploi en JK) et registre à positionnement parallèle (emploi en mode RS), nous avons dû adjoindre des "OU" fantômes pour symétriser les entrées et nous avons dû nous servir des entrées de positionnement directes pour lesquelles celui-ci se fait sur le front avant.

Afin de rendre l'ensemble de l'unité centrale plus homogène, il nous a fallu élaborer des signaux de porte de positionnement parallèle P'_i qui sont déclenchés par le front arrière de P_i . Pour positionner le registre sans ambiguïté avant chaque positionnement, il y a remise à zéro.

Nous pouvons échantillonner l'information présente sur les lignes POT, après P_1 ou P_2 , car elle dure encore $1/3$ de cycle (dans le mode rapide) après POT2.

La figure 31 représente l'ensemble du registre de reconstitution d'adresses.

Le signal de remise à zéro de la partie basse du registre est dédoublé en RAZ 2 et RAZ 2bis identiques, afin de respecter les limitations de puissance du circuit générant ce signal.

Pour éliminer les positionnements indésirables après la fermeture de la porte de propagation série, on fait une remise préalable à zéro par le signal RZ I.

Ce signal RZ I est un signal délivré par un monostable déclenché par le front de descente de $\overline{AD}$, qui remet à zéro tout le registre, à la fin de $\overline{AD} = 1$.

G - Matrices de câdrage des gammes d'extension X et d'extension Y.

Ce sont des matrices qui permettent de cadrer les 9 bits des convertisseurs X ou Y devant les 15 bits du registre de reconstitution de l'adresse. C'est aussi à ce niveau qu'il y a suppression des bits à convertir en Y, au profit de leur conversion en X.

En reprenant l'exemple (Figure 21) où $X = 512$ (G4) $Y = 8K$ (Y2) et en prenant la figure 32, on peut écrire les expressions d'entrées des convertisseurs numériques analogiques.

Les bits du registre adresse seront notés A_i , $CNAX_j$ désignera l'entrée de poids j du convertisseur numérique analogique X et $CNAX_k$ désignera l'entrée de poids k du convertisseur numérique analogique Y.

$CNAX_j$ A_i	$CNAX_j$ A_i	$CNAX_j$ A_i
$CNAX\ 1 = A0$	$CNAX\ 4 = A3$	$CNAX\ 7 = A6$
$CNAX\ 2 = A1$	$CNAX\ 5 = A4$	$CNAX\ 8 = A7$
$CNAX\ 3 = A2$	$CNAX\ 6 = A5$	$CNAX\ 9 = A8$

La matrice de "OU" fantôme, pour la suppression des bits communs, donne pour les sorties :

$$V6 = 0$$

$$V7 = 0$$

$$V8 = 0$$

les autres sorties étant à 1.

12 gammes
de câdrage
G1 à G12

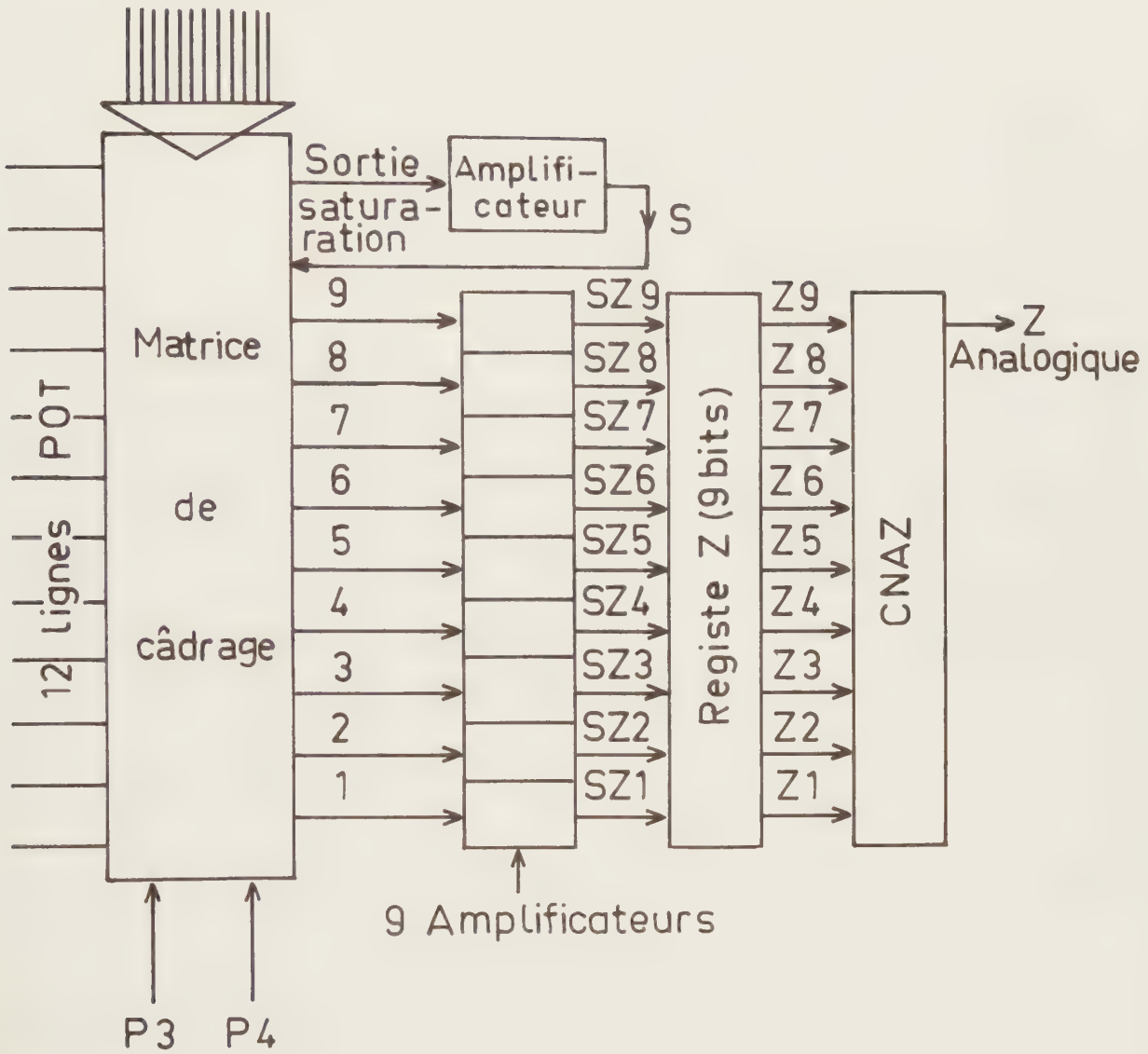


Fig. 33

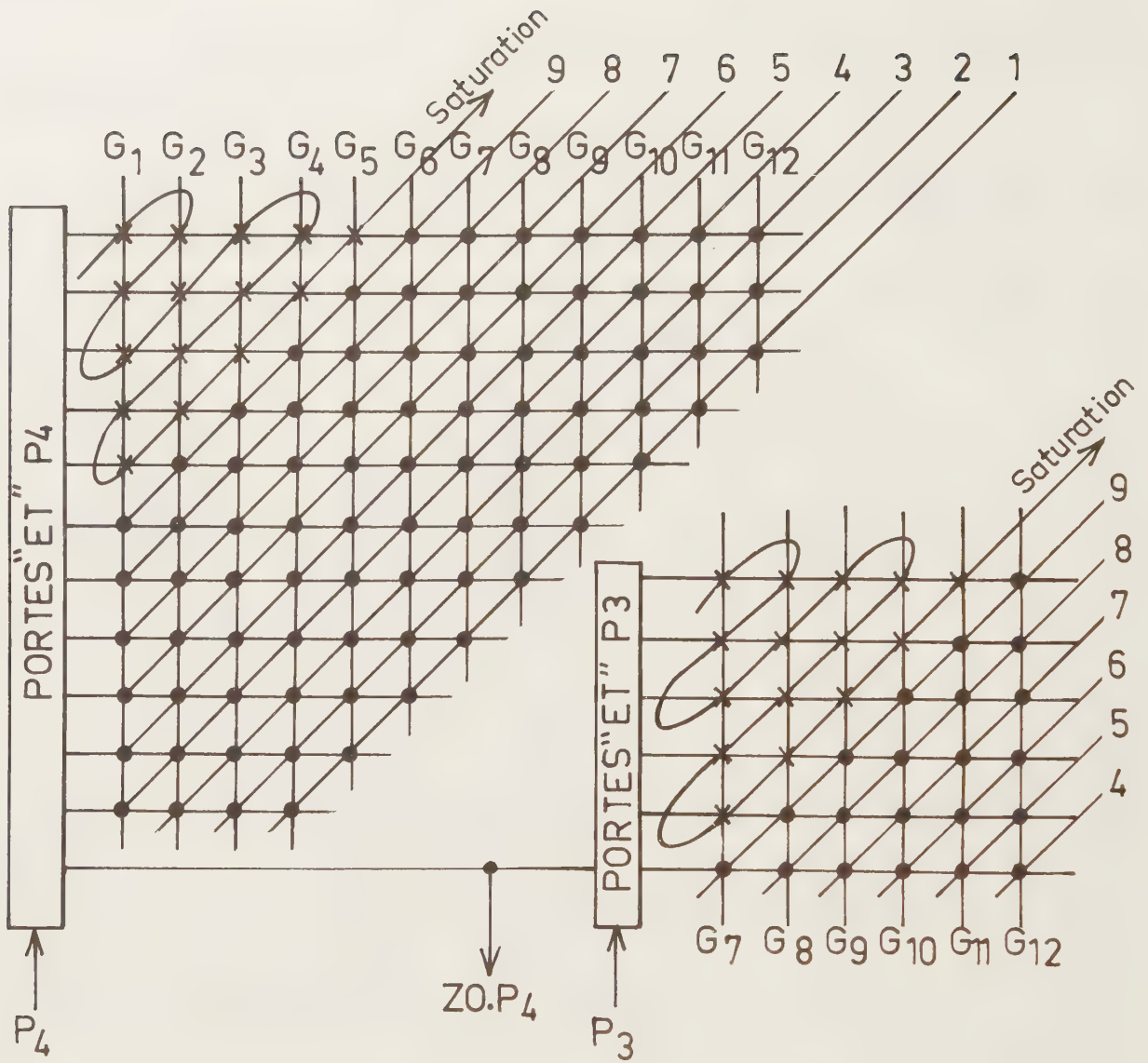


Fig. 34

On aura : CNAY_k

$$\left. \begin{array}{l} \text{CNAY } 1 = 0 \\ \text{CNAY } 2 = 0 \end{array} \right\} \text{ car inférieurs à la dimension limite de 64}$$

$$\text{CNAY } 3 = \text{A6. V6} = 0$$

$$\text{CNAY } 4 = \text{A7. V7} = 0$$

$$\text{CNAY } 5 = \text{A8. V8} = 0$$

$$\text{CNAY } 6 = \text{A9. V9} = \text{A9}$$

$$\text{CNA} \quad \text{CNAY } 7 = \text{A10. V10} = \text{A10}$$

$$\text{CNAY } 8 = \text{A11. V11} = \text{A11}$$

$$\text{CNAY } 9 = \text{A12. V12} = \text{A12}$$

Les trois bits communs A6, A7 et A8 ont bien été supprimés.

5 - REGISTRE CONTENU.

La figure 33 donne le schéma général du registre. C'est un registre de 9 bits où les sorties des bistables sont connectées directement aux entrées du convertisseur numérique analogique. Devant le registre, il y a la matrice de câdrage des gammes. Nous pouvons voir, sur la figure 34 représentant symboliquement cette matrice, les signaux de porte P_3 et P_4 qui valident les informations apparaissant sur les 12 lignes POT. Celles-ci sont appelées C12, C13,..., C23, en prenant pour C12 le bit le plus significatif du mot calculateur, C23 correspondant au bit le moins significatif. (Ce sont les appellations du constructeur de l'extension PIN/POT 24 bits).

Nous allons donner un exemple :

$$\begin{aligned} Z_6 = & P_4 (\text{C20.G1} + \text{C19.G2} + \text{C18. G3} + \text{C17.G4} + \text{C16. G5} + \text{C15. G6} + \text{C14. G7} + \text{C13. G8} + \text{C12.G9}). \\ & + P_3 (\text{C23. G10} + \text{C22. G11} + \text{C21.G12}). \end{aligned}$$

Sur les sorties de la matrice de décalage, on ajoute en "OU" sur chaque bit un signal S, dit de **saturation**, qui vaut 1 à chaque fois qu'une ligne POT est excitée en dehors de la gamme choisie.

L'expression de S est :

$$\begin{aligned} S = & P_4 [G1. (\text{C12} + \text{C13} + \text{C14} + \text{C15} + \text{C16}) + G2. (\text{C12} + \text{C13} + \text{C14} + \text{C15}) + G3. (\text{C12} + \text{C13} + \text{C14}) \\ & + G4 (\text{C12} + \text{C13}) + G5. \text{C12}] \\ & + P_3 [G7. (\text{C18} + \text{C19} + \text{C20} + \text{C21} + \text{C22}) + G8. (\text{C18} + \text{C19} + \text{C20} + \text{C21}) + G9. (\text{C18} + \text{C19} + \text{C20}) + G10. \\ & (\text{C18} + \text{C19}) + G11. \text{C18}] \end{aligned}$$

Nous trouvons aussi la sortie C23. $P_4 = Z_0 \cdot P_4$ qui est la marque de dépassement.

A la suite d'un regroupement des informations par programme de façon à trouver, à des adresses de mémoire successives, la partie haute du contenu, puis la partie basse de celui-ci et ainsi de suite, nous avons à présenter une série d'informations en double mot.

VISUALISATION - MODE M5 -
 _ contenu _

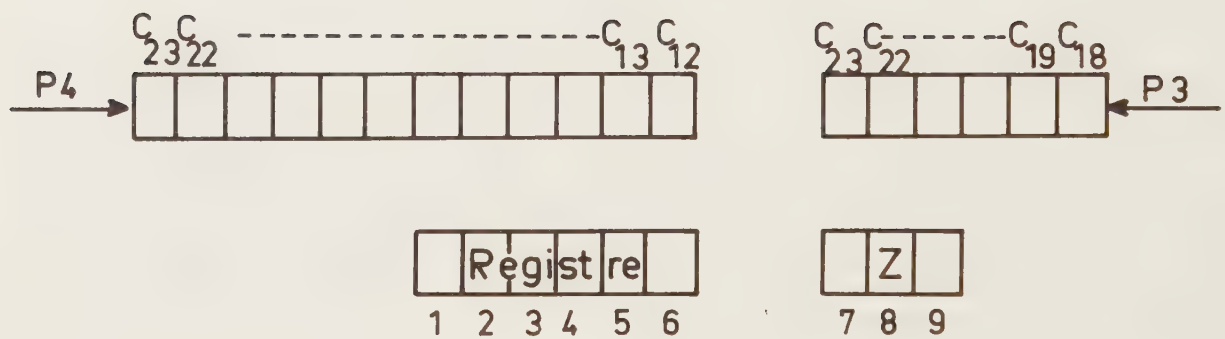
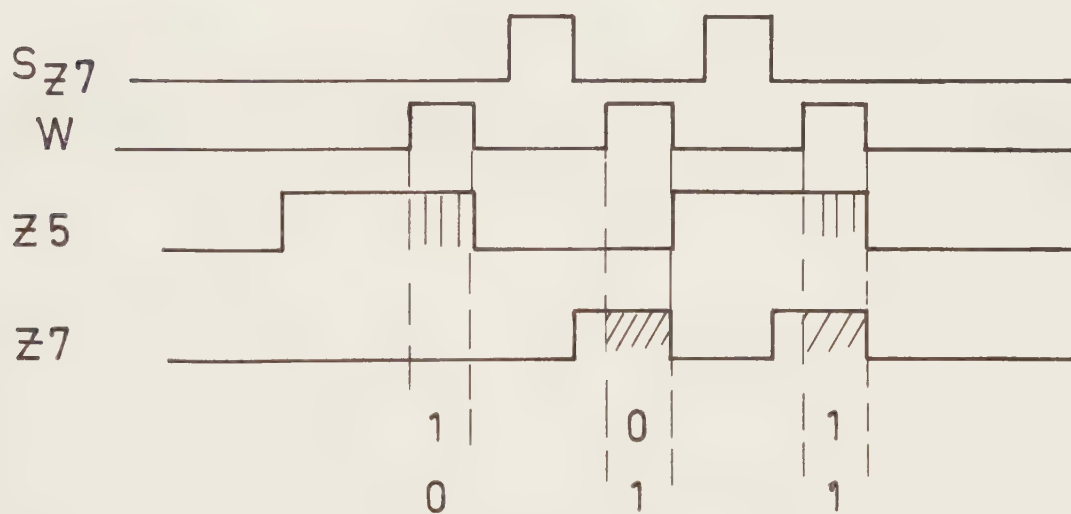
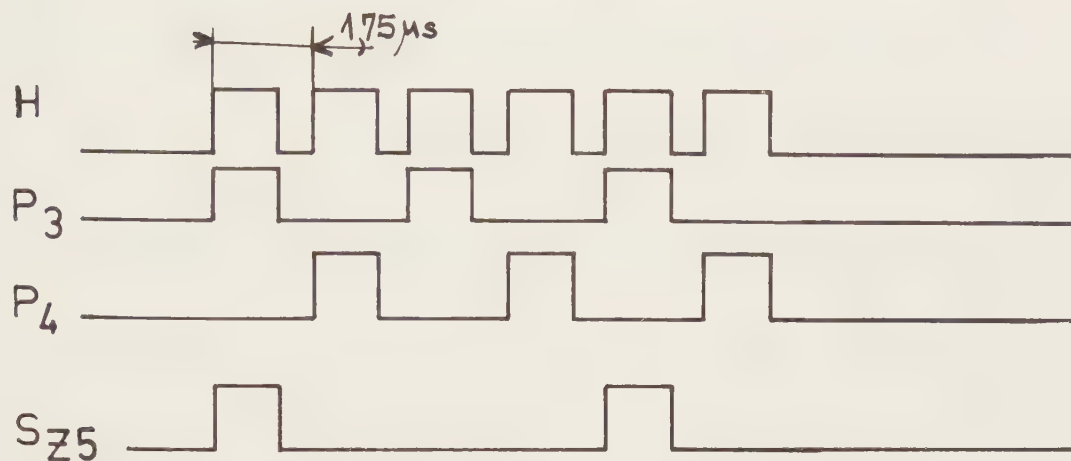
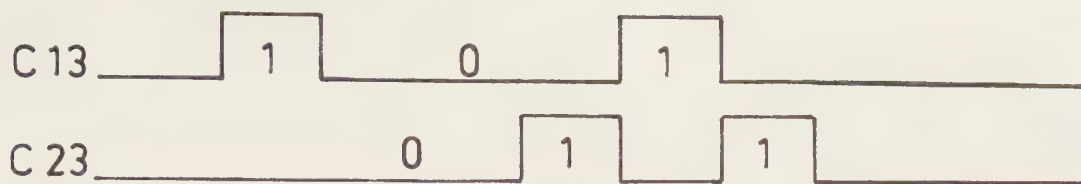


Fig.35

77
Sur les lignes POT:



VISUALISATION DE 3 CONTENUS EN DOUBLE
PRECISION DANS LE "MODE M5"

Fig. 36

Nous prendrons par exemple :

- La gamme à choisir est G9 (16K) ;
- Le mode de sortie sera M5 (sortie par bloc en double mot).

Les neuf bits convertis seront répartis comme sur la figure 35. Sur la figure 36 nous avons représenté le déroulement dans le temps de la représentation de trois contenus en double mot présentés sur les lignes POT : C13 et C23.

Nous donnons l'évolution, au cours du temps, des signaux de positionnement S_{Z5} et S_{Z7} du bistable Z5 correspondant au cycle de chargement de la partie basse et du bistable Z7 correspondant au cycle de la partie haute.

A titre de repère, nous avons figuré les signaux de contrôle P_3 et P_4 , le signal d'horloge H ainsi que le signal W de visualisation de l'état des bistables. Les sept autres bistables évoluent similairement.

Le montage de l'un de ces bistables est indiqué sur la figure 37. C'est le montage classique que nous avons adopté pour les positionnements sans **ambiguïté**. La sortie des amplificateurs S_{Zi} est appliquée simultanément sur l'entrée de positionnement et sur l'entrée d'inhibition de la remise à zéro.

Le registre Z est remis à zéro par P'_4 et inconditionnellement par le front avant d'EOM C, c'est-à-dire à chaque fois que l'on change de mode.

6 - SIGNAUX DE SORTIE DE L'UNITE CENTRALE DE VISUALISATION

Les trois tensions analogiques X, Y, Z, le signal de Wehnelt ainsi que les EOM de sélection de chaque poste local, sont transmis aux postes locaux par câbles coaxiaux adaptés.

Le système étant prévu pour la génération de caractères en simultanéité avec d'autres représentations sur le même oscilloscope, il ne nous faut pas envoyer simplement Y vers les postes locaux, mais $Y \cdot \overline{CAR}$ et $Y \cdot CAR$. Il y a donc, au poste central, deux portes linéaires qui conditionnent la tension analogique Y.

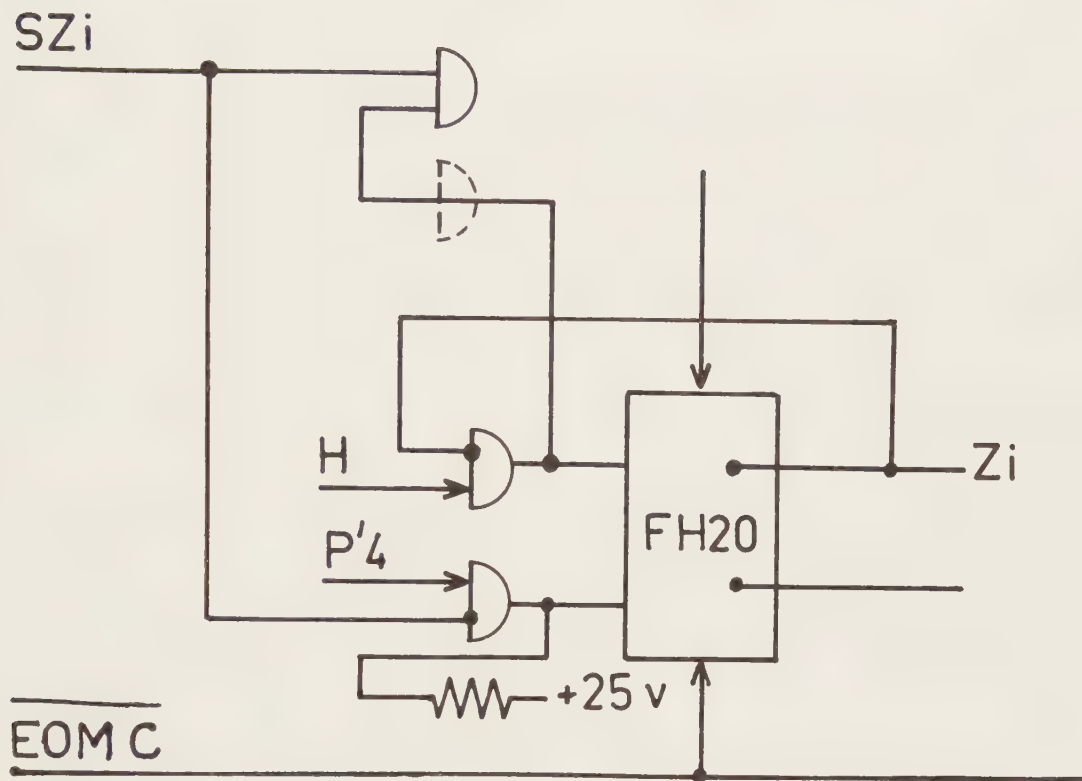


Fig. 37

CHAPITRE V

1 - EXEMPLE DE FONCTIONNEMENT

Nous voulons, par exemple, représenter, sur un même oscilloscope, un spectre simple et une ligne de texte. Nous ferons une commutation électronique des traces par deux EOM, un spécifique pour chaque trace. Le texte inscrit sur l'oscilloscope sera, par exemple, la nature de la réaction produite ainsi que l'angle de détection ou le numéro du spectre. L'extension choisie, c'est-à-dire le nombre de mémoires occupées par le spectre est de 512.

L'expérimentateur, au poste local, va sélectionner sous forme binaire les gammes d'extension et de câdrage du contenu qu'il aura choisi. Si le poste local est le même que celui de la figure 17, il mettra le commutateur de choix de représentation, sur la position III correspondant à une représentation normale.

Nous voulons faire une visualisation rapide. Nous allons donc visualiser les points correspondants à des contenus en simple précision par bloc, nous devons être dans le mode de sortie M6. Nous donnons alors au bit OVER la valeur 1.

Lors du programme de stockage des événements, comme le bit le moins significatif C23 du mot calculateur est utilisé comme marque de dépassement ; il faut augmenter de deux unités le mot correspondant à chaque descripteur présenté. Quand il y a débordement de capacité, on construit une table de dépassements et une table de comptage associées. La marque de dépassement est alors positionnée à 1 ($C23 = 1$). Le signal d'illumination du Wehnelt (équation 18) $W = P^4 (\overline{\text{OVER}} \cdot Z'_0)$ est alors égal à zéro pour les canaux où il y a dépassement. Le signal d'avance n'étant pas conditionné par OVER, nous visualiserons la zone de mémoire réservée à l'acquisition, en ne visualisant pas les canaux où il y a eu dépassements.

Le mot de contrôle, programmé sur le registre à interrupteurs du poste local est :

$$\begin{array}{ccccccc|ccccccc|ccccccc|} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & \\ \hline & X & & Y & & Z & & & & & & & \end{array}$$

$$\text{ce qui correspond à : } \begin{cases} \text{OVER} = 1 \\ \text{AD} = 0 \\ \text{CAR} = 0 \end{cases}$$

$$\text{les gammes sont : } \begin{cases} X4 \\ Y1 \\ G8 \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \text{ce qui conduit à : } & \text{DA} = 0 \text{ (équation 5)} \\ & \text{DZ} = 0 \text{ (équation 6)} \end{aligned}$$

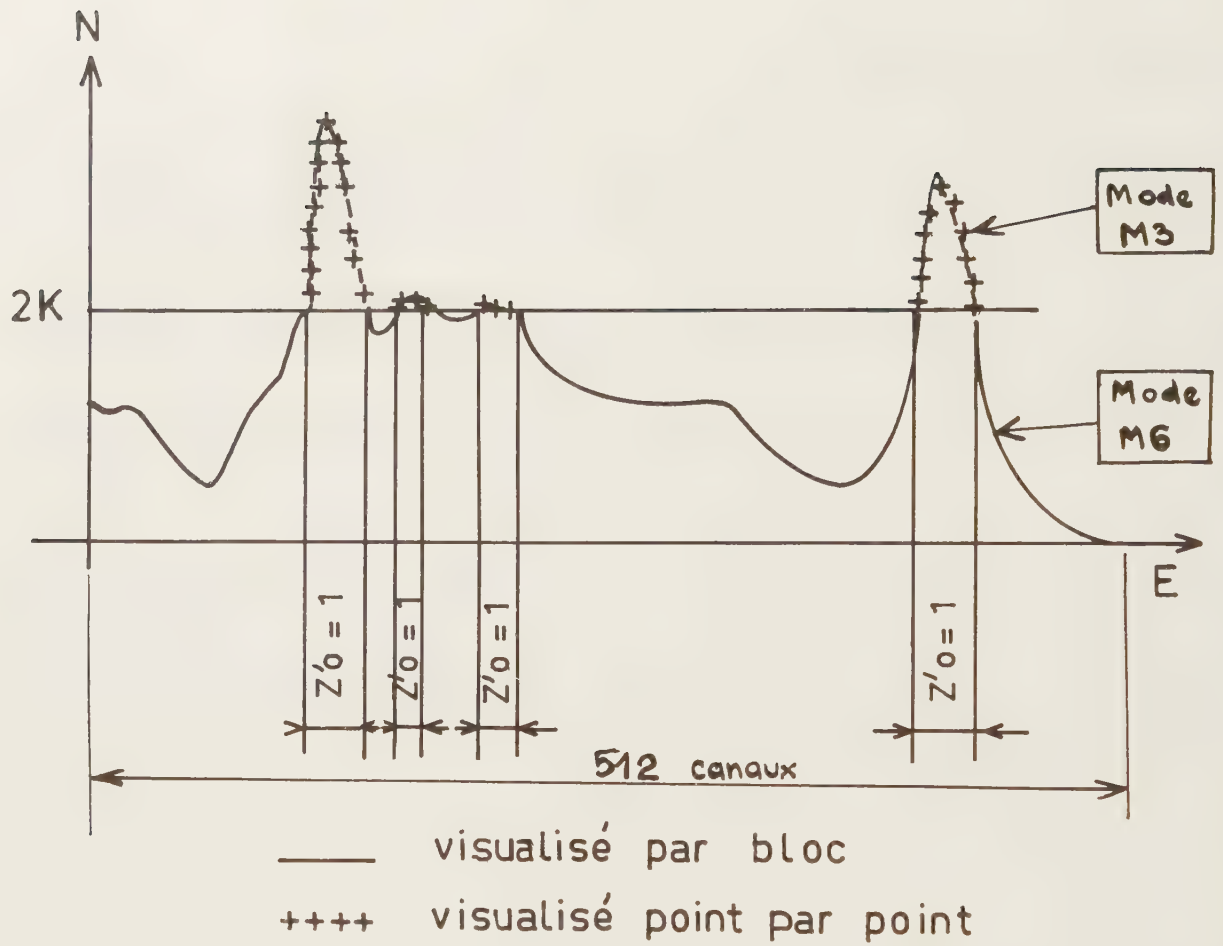


Fig. 38

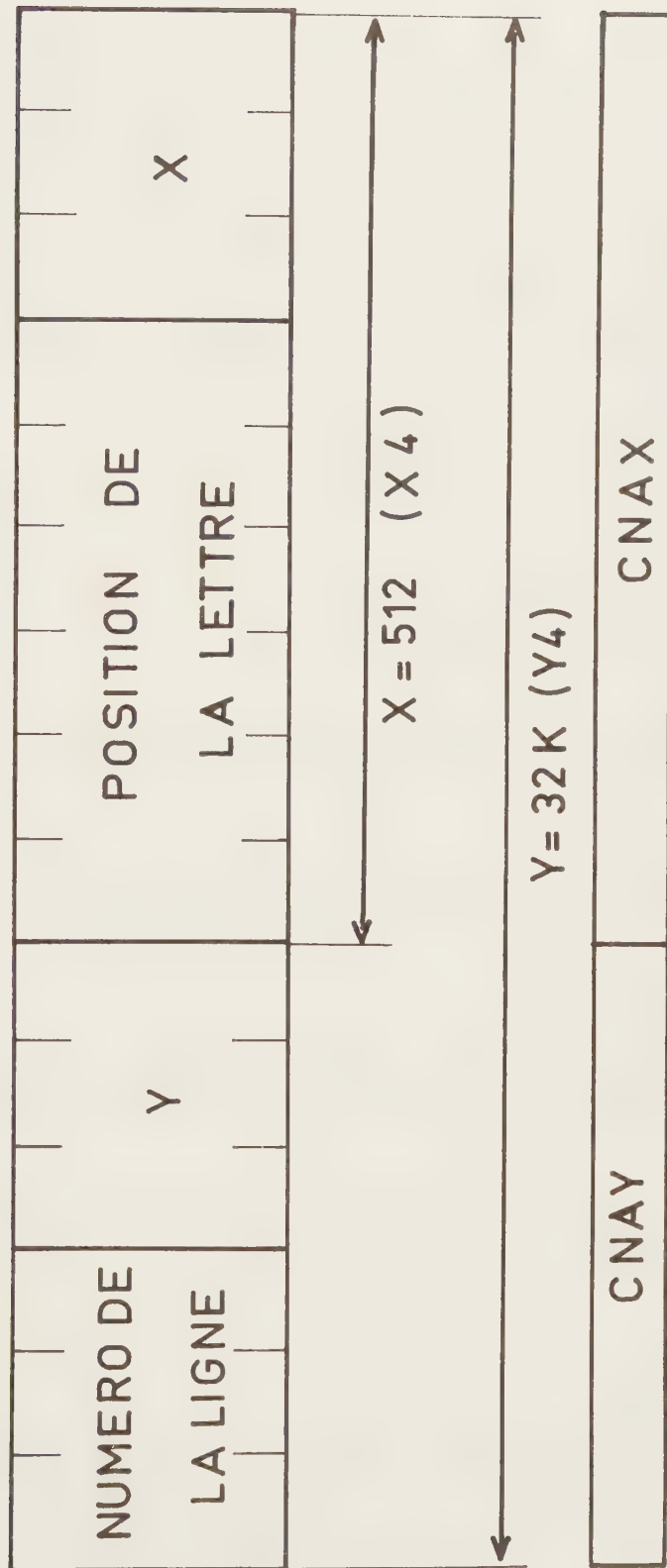


Fig. 39

Soit le mode M6, la séquence des signaux de portes se réduit à P_4 . Lors du stockage des événements, la table de dépassement a été constituée de la façon suivante. L'adresse dont le contenu a dépassé 2K a été notée dans une table d'adresses et dans une mémoire correspondante de la table de contenu associée nous avons noté le nombre de fois qu'il y a eu dépassement de capacité pour cette adresse. Pour visualiser les canaux dont le contenu est supérieur à 2K, nous changerons le mode de sortie en modifiant temporairement, par le programme, le mot de contrôle. La table de dépassements et sa table de comptage associée sont balayées afin de les visualiser point par point. Nous pouvons aussi regrouper cette table associative dans une zone de mémoire spéciale où elle sera mise en ordre. Nous trouverons à des adresses successives de mémoire une adresse puis deux mots constituant le contenu. La zone de mémoire toute entière sera alors visualisée par blocs. Quoi qu'il en soit le mode de sortie qui devra assurer la distribution des informations vers les registres d'adresses et de contenu sera un mode de sortie par points : M3. Le mot de contrôle sera modifié : OVER devient égal à 0, alors que AD passe à 1. Le nouveau mot de contrôle est le suivant :

$$|0|1|0|0\ 1\ 1|0\ 0|0\ 1\ 1\ 1|$$

La séquence des signaux de portes de P_2 , P_3 , P_4 . La figure 38 illustre le spectre obtenu.

Pour procéder à la visualisation du texte sur l'autre trace, il faut charger dans le registre de contrôle un nouveau mot de contrôle. Le texte sera introduit par exemple en mémoire calculateur par une machine à écrire. Le programme d'assemblage du texte prend dans la table des caractères les mots formant les coordonnées des points de caractères. Il y a élaboration du texte et formation des lignes dans une zone tampon, c'est cette zone qui peut être visualisée en bloc.

La figure 39 donne le format conventionnel d'un caractère. Au fur et à mesure que l'on constitue le texte dans la zone tampon, l'abscisse de la position de la lettre est augmentée. Quand une ligne est remplie, on modifie en tête du mot le numéro de la ligne. Le texte peut être visualisé ligne par ligne, après positionnement du premier caractère de la ligne.

Ici, dans notre exemple, nous avons à visualiser une ligne de texte, le premier mot de contrôle imposé par le calculateur sera tel que le mode de sortie soit M_7 . Le format du caractère étant toujours le même nous aurons :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{OVER} = 0 \\ \text{AD} = 1 \\ \text{CAR} = 1 \end{array} \right. \quad \text{Les gammes sont :} \quad \left\{ \begin{array}{l} X4 \\ Y4 \\ G1 \end{array} \right.$$

$$\begin{aligned} \text{d'où } DA &= 1 \\ DZ &= 0 \end{aligned}$$

Le mot de contrôle est le suivant :

$$|0|1|1|0\ 1\ 1|1\ 1|0\ 0\ 0\ 0|$$

nous avons bien un mode de sortie M7, avec comme séquences d'ouverture de portes P_1 , P_2 .

On sort donc le premier point constituant la première lettre de la ligne. Comme pour toutes les lettres d'une ligne, la partie haute du mot d'adresse est la même (même numéro de ligne), on ne va modifier par la suite que les parties basses du mot d'adresse pour chaque point. Il va y avoir modification du mot de contrôle, afin de n'avoir pour séquence d'ouverture de portes que P_2 . Le mot de contrôle modifié est le suivant :

$$|0|1|1|0\ 1\ 1|0\ 0|0\ 0\ 0\ 0|$$

la gamme Y a été changée, elle est devenue Y1, de ce fait DA a pour valeur 0. Le mode de sortie est M8.

Comme il n'y a pas eu de modification de AD dans le mot de contrôle, il n'y a eu aucune remise à zéro du registre d'adresse partie haute (3bits). Celui-ci est resté positionné.

Le programme moniteur comprend une scrutation de chaque poste local pour savoir lesquels sont en marche. En fonction du résultat du test : ou bien on commence le cycle de visualisation pour le poste local, ou bien on passe au test du poste local suivant.

Quand le poste local est en marche, on inscrit successivement les divers mots de contrôle, c'est-à-dire le contenu des registres à interrupteurs, dans une table de conditions de visualisation, par des séquences de lecture EOM PIN. Suivant la valeur du mot de contrôle, le calculateur se branche aux sous-programmes spécifiques du type de sortie désirée : soit séquence point par point, soit séquence par bloc.

Il est à remarquer qu'un même poste local peut avoir deux mots de contrôle différents qui seront lus et pris en séquence par le calculateur. Lors d'une sortie d'information point par point il y a perte de temps. Le fait de remettre en ordre l'information afin de la visualiser en bloc, ne fait pas nécessairement gagner du temps. On peut minimiser le programme de sortie par point, en programmant un EOM visu de durée de mémorisation variable. Ce qui permet de ne programmer qu'un seul EOM pour plusieurs instructions POT.

2 - PROGRAMMATION

A - Programmation du système de visualisation.

Cette programmation dépend étroitement de la conception électronique. Les principales dispositions ont donc été considérées au cours de la description des divers circuits du système de visualisation.

Pour tirer pleine efficacité du système, il faut que le programme de gestion dépendant étroitement du programme spécifique de l'expérience soit rédigé en même temps que celui-ci. Nous ne le décrivons donc pas. Un programme d'utilisation "type" sera rédigé par la suite.

B - Programmation du premier système.

La programmation est encore très provisoire. Elle comporte un moniteur qui permet d'appeler les programmes par machine à écrire sous forme mnémonique. Le chargeur SDS a été modifié pour pouvoir être appelé et rebouclé sur le programme principal. Il existe des programmes de service, des programmes d'acquisition et des programmes spécifiques à la visualisation.

LISTE DES PROGRAMMES PAR TACHES

a) programme d'édition :

SYMBOL	qui est l'assembleur
CHAR	qui charge les programmes
EXEC	qui recherche la correspondance entre le nom frappé à la machine à écrire et le tableau des noms du chargeur. Ce programme branche le compteur programme à l'adresse du programme choisi.
LIST	permet de dresser la liste des programmes chargés
EDIT	programme d'édition de bandes perforées
RECO	recopie de bandes perforées avec test de parité transversale et longitudinale.
IDEM	recopie de bandes perforées sans test de parité

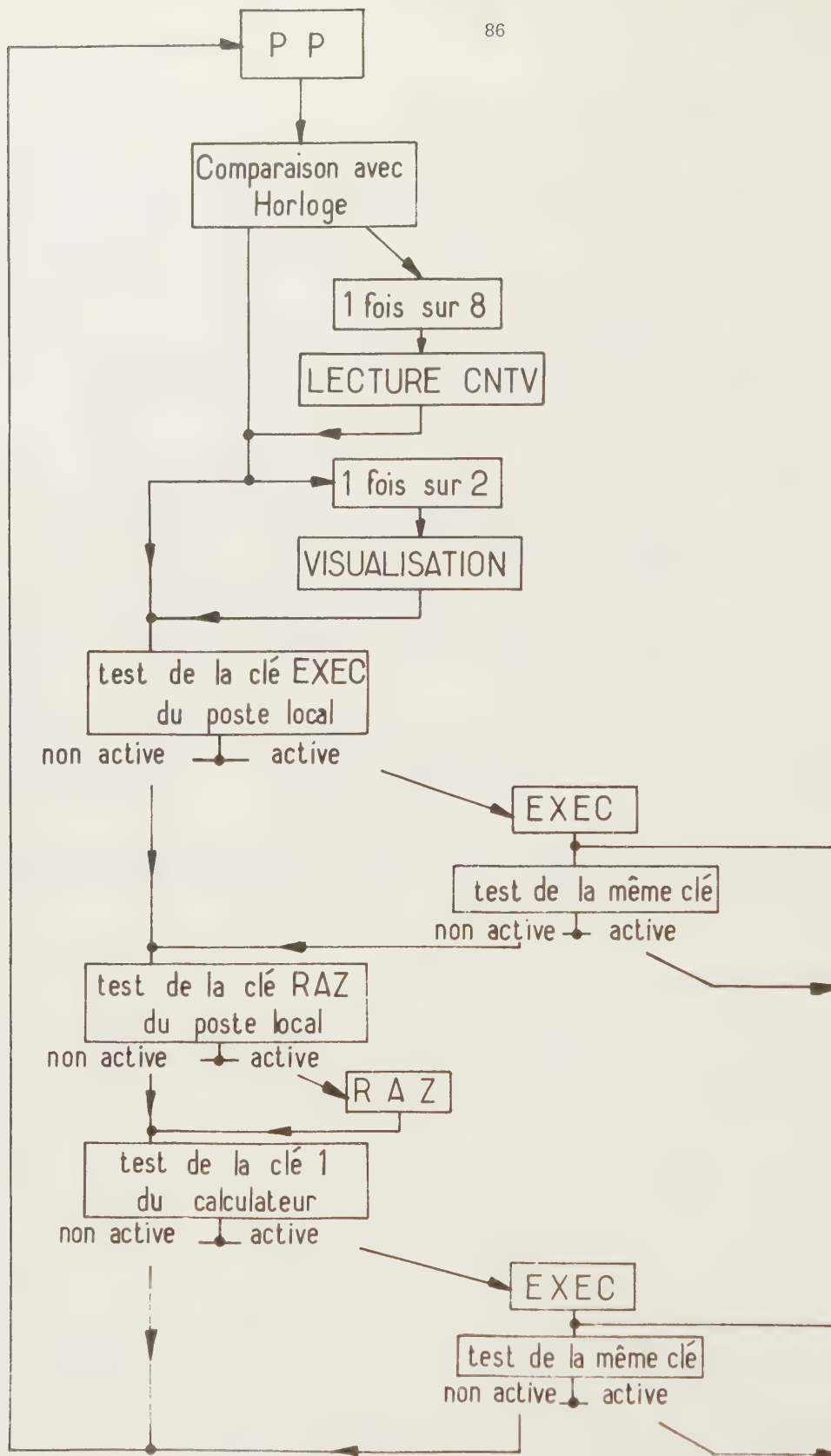


Fig. 40

b) programmes temps réel. (ne mettant pas en jeu le canal)

Acquisition	PP	programme moniteur
	STOC	programme de stockage (programme type)
	OVER	programme de traitement des dépassements de capacité
	RAZ	remise à zéro de la zone d'acquisition et de la table de dépassements.
	LECT	programme de lecture des contraves (fait partie des tests du moniteur)
	VISU	programme de visualisation
	DECO	décodage binaire décimal
	ADSU	décode l'adresse des points surbrillants
	PREP	recadre l'information pour la présentation oscilloscopique
	LIPPS	programme light-pen de sélection de points
	LPT	programme light-pen traceur

c) programmes de réduction et de sortie de l'information,

NUME	qui sort le contenu des canaux entre deux points surbrillants
PERF	sortie sur bande perforée
TRAN	transfert d'une zone de visualisation dans une autre
IMPR	programme d'impression octale à raison d'un caractère par mot, avec mise en page de 16 chiffres octaux par ligne
ASYM	calcul de l'asymétrie (programme type)
CONT	programme d'impression sous forme binaire des contenus entre deux points surbrillants ; ce programme fait l'intégration entre ces deux points.

Remarque : Il existe un programme de remise à zéro générale de la mémoire, il n'est pas appelé par le moniteur et est autochargeable.

Nous donnons (figure 40) l'organigramme du programme moniteur PP. C'est un programme sous contrôle de l'horloge du coupleur.

La tâche de fond est la visualisation à un rythme de 25 Hz. La lecture des conditions de visualisation (LECTURE CNTV) se fait à raison d'une lecture pour 4 séquences de visualisation.

LECTURE CNTV regroupe les sous-programmes suivants : LECT, PREP, ADSU.

Suivant le résultat des tests des clés des postes locaux ou de la console du calculateur, le programme moniteur PP branche aux sous-programmes EXEC ou RAZ.

3 - EXPERIENCES DE DIFFUSION ELASTIQUE ET INELASTIQUE DE PROTONS POLARISES

Les expériences de diffusion élastique et inélastique de protons polarisés débutent actuellement par une étude systématique des cibles de nickel suivantes : ^{64}Ni , ^{60}Ni , ^{58}Ni , avec un faisceau de protons polarisés de 16 MeV d'énergie. L'étude des cibles de calcium sera entreprise ensuite.

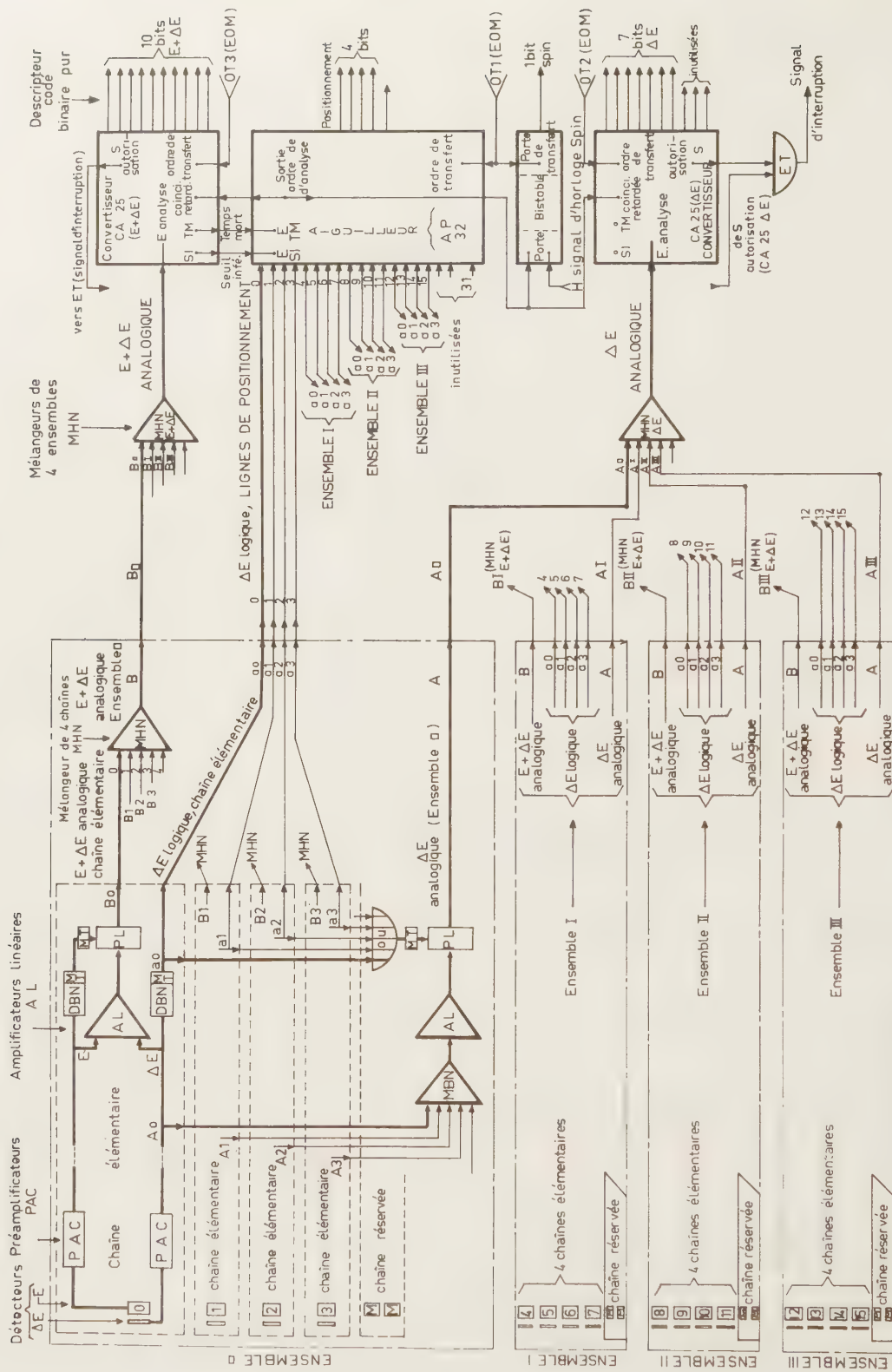


Fig. 41

A - Description de l'électronique de détection utilisée dans les expériences de diffusion de protons polarisés (figure 41).

Il y a 16 angles de détection, huit à l'avant de la chambre et huit à l'arrière.

Les jonctions E et ΔE correspondantes sont réparties en quatre ensembles notés I, II, III, IV. Chacun de ces ensembles peut comprendre cinq chaînes élémentaires dont quatre seulement sont utilisées, la dernière pouvant servir pour les jonctions moniteurs ou comme chaîne de remplacement.

La chaîne élémentaire est similaire à celle décrite sur la figure 2. On remarque sur la figure 41 que les discriminateurs bas niveau sont suivis de circuits monostables de temps (MT) assurant une mise en forme de l'impulsion d'ouverture de la porte linéaire (PL). Le premier monostable de temps assure une protection de $20\mu s$ pour chaque impulsion analogique. Le signal logique d'ouverture de la porte linéaire n'est que de $2,5\mu s$.

Les voies analogiques E + ΔE de chaque chaîne sont sommées après les portes linéaires dans un mélangeur haut niveau (MHN) afin de constituer le signal analogique E + ΔE de l'ensemble (BI, BII, BIII, BIV). Les quatre signaux E + ΔE de chaque ensemble sont regroupés dans un mélangeur haut niveau (MHN) donnant en sortie le signal analogique E + ΔE attaquant le convertisseur CA 25 (E + ΔE).

Il existe donc 16 amplificateurs linéaires (AL) E + ΔE , correspondant aux 16 angles. La porte linéaire de chacun de ces amplificateurs n'est ouverte que pendant la durée du signal de sortie du monostable de temps de la voie E afin de ne pas sommer les bruits de chaque voie.

Les lignes de positionnement attaquant l'aiguilleur AP 32 sont connectées aux signaux ΔE logiques de chaque chaîne (a_0 à a_{15}) ; 16 entrées de l'aiguilleur AP 32 sont donc utilisées.

Les impulsions analogiques ΔE sont regroupées dans un mélangeur bas niveau (MBN) avant d'être amplifiées. La porte linéaire de l'amplificateur ΔE analogique de chaque ensemble est ouverte par un signal logique qui est la réunion des signaux logiques ΔE (a_0, a_1, a_2, a_3) de l'ensemble. Les signaux analogiques ΔE (AI, AII, AIII, AIV) sont regroupés dans un mélangeur haut niveau (MHN) qui, en sortie, attaque le convertisseur CA 25 (ΔE).

L'acquisition des données par le calculateur est faite de la façon suivante :

Le signal E + ΔE analogique est converti en binaire pur (10 bits) par le convertisseur CA 25 (E + ΔE).

Le signal ΔE analogique est converti en binaire pur (7 bits) par le convertisseur CA 25 (ΔE).

Les lignes de positionnement a_0, a_1, a_2, a_3 de chaque ensemble sont codées pour donner 4 bits de positionnement en sortie de l'aiguilleur AP 32. Un bistable donne l'état de la polarisation du faisceau au moment de la conversion de l'impulsion correspondant à la détection de la particule chargée (1 bit spin).

Ces informations numériques sont introduites dans le calculateur en 3 mots-calculateurs :

- positionnement + spin
- ΔE
- E + ΔE

Le sous-programme de stockage de ces 3 mots calculateurs est appelé par un niveau d'interruption. La phase d'acquisition est similaire à celle décrite figure 7 dans le cas d'un stockage simple.

L'aiguilleur AP 32 pilote les deux convertisseurs CA 25 par le signal "sortie ordre analyse".

Les sorties "autorisation" de chaque convertisseur sont mises en "ET" pour former le signal d'interruption allant vers le calculateur.

Dans le programme de stockage, on trouvera successivement trois séquences EOM-PIN pour ranger les trois mots.

Ces trois EOM, notés OT_1 , OT_2 , OT_3 , aboutissent aux entrées "ordre de transfert" des convertisseurs et de l'aiguilleur, ainsi qu'à la porte de transfert du bistable d'état de spin.

Dans le sous-programme, on procède d'abord à l'identification de particules. Pour cela on se sert de la formule énergie-parcours suivante (10) :

$$P = (E + \Delta E)^{1,73} - E^{1,73} \quad (22)$$

où P a une valeur fonction de la particule détectée ; à partir de cette valeur de P, on formera les bits particules (voir l'exemple de programmation en D de ce paragraphe).

On constitue ainsi le descripteur de l'événement en 2 mots : d'abord la partie haute correspond au numéro du spectre en sept bits se décomposant comme suit : positionnement (4), spin (1), particules (2) ; puis la partie basse qui correspond à l'énergie totale de la particule détectée.

Le sous-programme de stockage tient compte de ce descripteur en double précision.

B - Stockage associatif employé dans l'expérience

L'étude de la diffusion de protons polarisés se fait avec 16 angles de détection (8 angles avant et 8 angles arrière). Dans l'expérience entreprise, il y a quatre types de particules attendues ; pour chaque particule, on a, pour un spin donné, 16 spectres, donc au total : $16 \times 2 \times 4 = 128$ spectres. Si chaque spectre a 512 canaux, il nous faut une mémoire de : $128 \times 512 = 64 \text{ K}$ (où $K = 1024$) dépassant largement les 16 K de capacité de notre calculateur CAE C90-10.

Nous avons donc été conduit à prendre comme mémoire auxiliaire des unités de bandes magnétiques "MAG PAK". Le stockage s'effectue dans la mémoire centrale du calculateur, suivant une technique associative en structure d'arbres^(11, 12, 13). Nous allons d'abord décrire la façon de stocker, puis nous donnerons une vue d'ensemble sur la gestion des bandes magnétiques.

Pour remédier à la nature aléatoire des données à stocker, l'acquisition de celles-ci se fait par une procédure d'interruption. Le calculateur termine l'instruction en cours et prend, comme instruction suivante à exécuter, une instruction de branchement associée à la ligne d'interruption excitée. En général, c'est un programme assez court qui range les données dans une partie de la mémoire réservée à cet usage par le programme. Dans le cas les plus simples, les bits présentés en parallèle constituant le descripteur de l'évènement correspondent à l'adresse de la mémoire le caractérisant. A chaque évènement de même descripteur, on ajoute une unité au contenu de la mémoire dont l'adresse est ainsi définie.

Quand la zone d'acquisition dépasse même la capacité du calculateur, il s'agit alors de ne conserver que les évènements les plus significatifs. En physique nucléaire, il s'agit des évènements les plus probables des spectres d'énergie (pics). Dans notre méthode de stockage, nous allons constituer un rangement en arbres ; il y aura 128 arbres correspondant aux 128 spectres possibles. La partie haute du descripteur correspond au numéro de l'arbre et la partie basse du descripteur correspondant à l'énergie de la particule va permettre le rangement de l'évènement dans l'arbre considéré.

La mémoire de comptage se situe aussitôt après la mémoire contenant la partie basse du descripteur ; on adjoint deux mémoires servant de pointeur gauche et de pointeur droit, le tout constituant **une cellule**. Chaque cellule est rangée en mémoire à la suite de la précédente au fur et à mesure de son acquisition.

A chaque événement qui entre dans le calculateur, on établit une comparaison d'ordre, afin de procéder à son rangement. Par la suite, pour simplifier nous appellerons **indicatif la partie basse du descripteur correspondant à l'énergie** de la particule.

Si A est l'indicatif de la première cellule stockée en mémoire, et si B est l'indicatif de l'évènement rentre dans le calculateur ; quand $A = B$, on ajoute une unité dans la mémoire de comptage de la première cellule dont l'indicatif est A. Quand $A > B$, on compare B à l'indicatif de la cellule figurant à l'adresse indiquée par le pointeur gauche. Quand $A < B$, on compare B à l'indicatif de la cellule figurant à l'adresse indiquée par le pointeur droit.

Nous allons donner un exemple d'arbre sur la figure 42. L'ordre d'arrivée des événements est le suivant : A, B, C, D, E, F, G, H, I, J. Les indicatifs étant classés par ordre de grandeur avec $C = G$, nous avons :

$$I > B > J > A > H > D > F > C = G > E.$$

Pour une cellule donnée, les quatre mémoires sont consécutives, donc dans la mémoire du pointeur droit ou du pointeur gauche (où il n'y a rien si la cellule est isolée) on vient inscrire effectivement les adresses des événements plus grands ou plus petits. On peut positionner une marque pour dire si la cellule est connectée ou non à une autre cellule.

Par cette méthode, on arrive à un nombre de comparaisons moins grand que dans le cas d'un stockage normal, car à chaque comparaison on diminue la zone à explorer.

Les arbres sont constitués au fur et à mesure de l'acquisition des événements dans une zone de la mémoire réservée à cet effet. Pour transférer les spectres sur les bandes magnétiques, on parcourt les branches gauches de chaque arbre, on revient ainsi à la tête de celui-ci, puis on parcourt les branches droites.

Comme l'écriture et la lecture sur la bande magnétique ne se font que dans un même sens de déroulement, nous avons recours à 2 bandes magnétiques. L'une est utilisée pour la lecture tandis que l'autre sert à l'écriture. Sur chaque bande, il y a une succession de 128 fois 512 canaux.

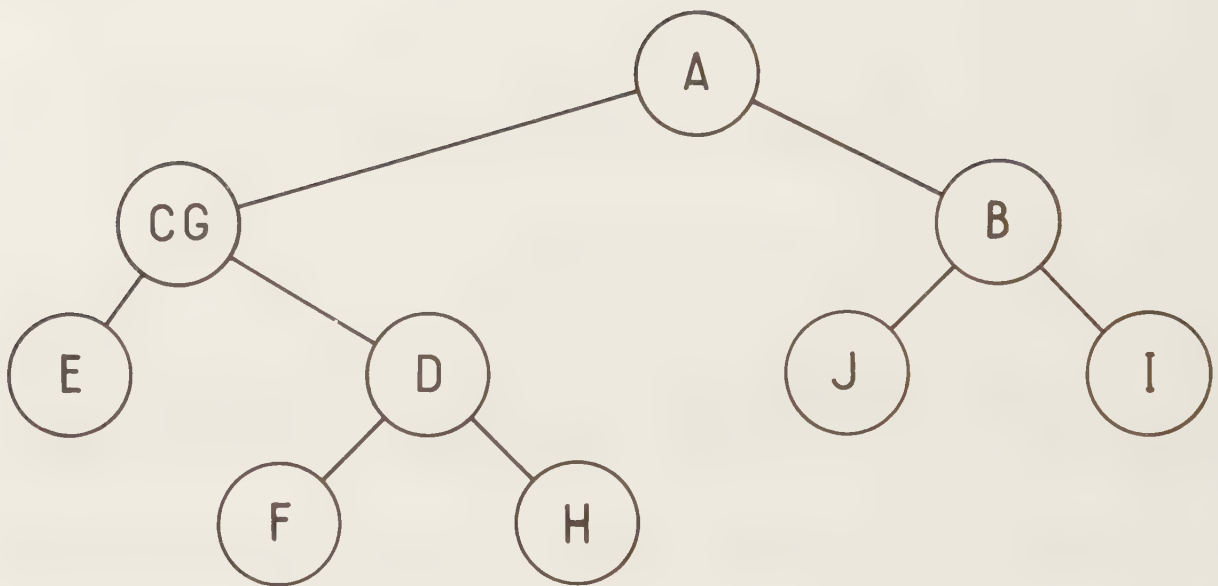
Lors de la lecture ou de l'écriture des bandes, on transfère les spectres, par blocs de 512 canaux. Nous constituons donc, sur la bande magnétique, les spectres d'énergie. Ayant balayé l'arbre correspondant au bloc que l'on est en train de transférer, on vient ajouter une unité dans les canaux correspondant à l'indicatif des cellules de l'arbre dans la zone tampon. Après ces incrémentations, on transfère le spectre modifié par bloc sur l'autre bande.

Quand les 128 spectres ont été ainsi transférés, après leur mise à jour dans la mémoire tampon, sur l'autre bande magnétique, il y a inversion du rôle des deux bandes et la même opération de balayage des spectres est reprise. On peut visualiser la zone de mémoire tampon, au fur et à mesure du passage des spectres.

C - Programmes d'acquisition et de traitement en temps réel utilisés pour les expériences de diffusions élastique et inélastique de protons polarisés.

P P C'est un programme moniteur du même genre que celui du premier système. Suivant l'état des clés du mot de contrôle du poste local, ce programme branche à différents sous-programmes de service qui sont :

1) **ESEUIL** : sous-programme par lequel on introduit les valeurs des seuils du sous-programme de sélection de particules et du programme de stockage : 128 seuils de masse (particules) et les seuils en énergie afin de ne stocker que la partie intéressante du spectre en énergie.



I > B > J > A > H > D > F > C = G > E

Fig. 42

- 2) **INIT** qui est une sorte de remise à zéro, assure le chaînage des cellules de stockage libre.
- 3) **START** qui arme individuellement les niveaux d'interruption et qui met en service le système d'interruption.
- 4) **SORMT** rassemble la partie haute et la partie basse de l'information (descripteur complet) pour la sortir sur bande magnétique.
- 5) **SORBP** rassemble la partie haute et la partie basse de l'information (descripteur complet) pour la sortir sur bande perforée.

Comme autres sous-programmes, il y a aussi, sur la bande service :

IDEC qui prend le contenu du registre "B" et frappe le nombre en décimal sur la machine
(Impression décimale)

LDEC qui lit un nombre tapé en décimal sur la machine à écrire, le registre "B" est chargé
(lecture décimale) par l'équivalent binaire.

DIAG est un sous-programme qui frappe un diagnostic sur la machine à écrire. Ce diagnostic est de longueur variable (le nombre de fois 2 lettres - 1 est chargé dans A). Quand un sous-programme appelle DIAG, il fournit le texte à frapper à la machine à écrire. DIAG est seulement le programme de gestion de la sortie du diagnostic.

HEURE visualisation très simplifiée des parties basses (c'est-à-dire des 128 spectres) sur deux traces d'oscilloscope.

Une trace visualise un spectre que l'on peut choisir toutes les 4 minutes (temps d'une lecture de bande), alors que, sur l'autre trace, on visualise successivement, au fur et à mesure de leur mise à jour, tous les spectres.

STOC ce programme de stockage est en deux parties :

1. Il faut regrouper les informations données par la sélection de particules et les parties hautes et basses du descripteur.

DH numéro du spectre en 7 bits (soit 128 spectres)

DB qui correspond à l'énergie en 9 bits. C'est ce que nous avons appelé l'indicatif.

2. On exécute le chaînage pour ajouter une unité dans la cellule adéquate de l'arbre correspondant au numéro du spectre.

OVER c'est un arbre unique où les cellules sont chaînées à droite. Elles sont composées comme sur la figure 43.

On inscrit dans le pointeur gauche le numéro du spectre, c'est-à-dire, le numéro de l'arbre où il y a eu dépassement.

On inscrit, dans le pointeur droit l'adresse de la cellule suivante du dépassement.

La tâche de fond du calculateur est la gestion de bandes magnétiques. Le stockage sur interruption avec des taux de comptage de 1000 coups par seconde occupe 30% du temps. La visualisation occupe 7% du temps, les entrées/sorties sur bandes magnétiques occupant 10% du temps. Le reste du temps, le calculateur est sur une boucle d'attente, il attend que les bandes magnétiques soient positionnées pour une écriture ou une lecture.

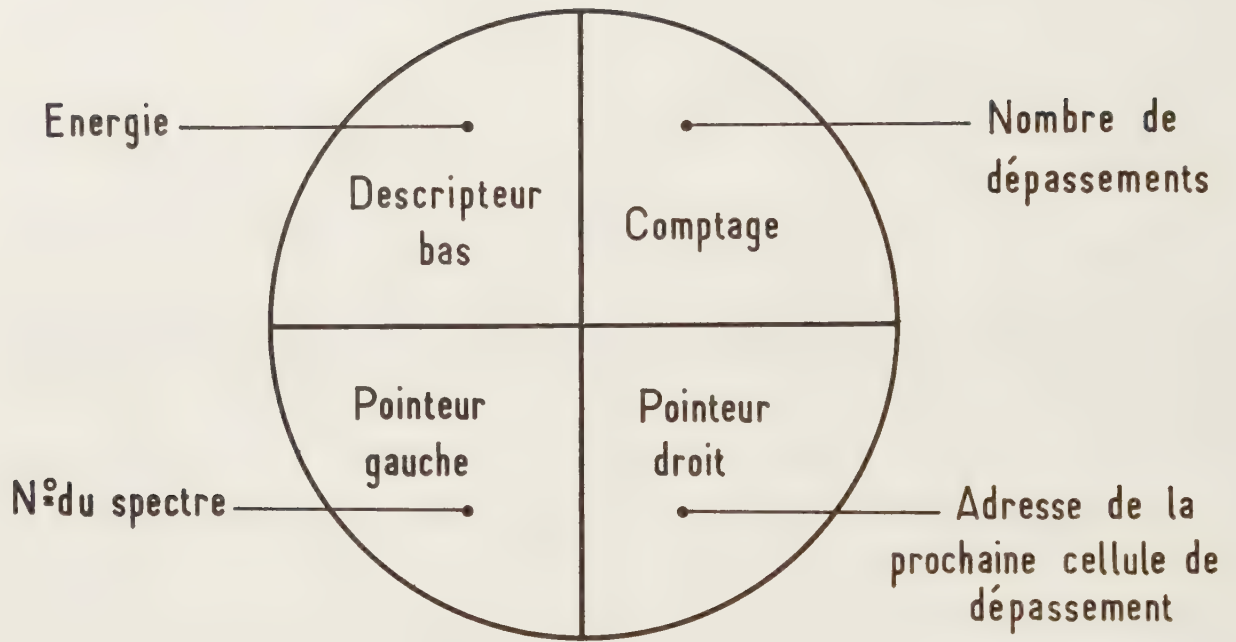


Fig. 43

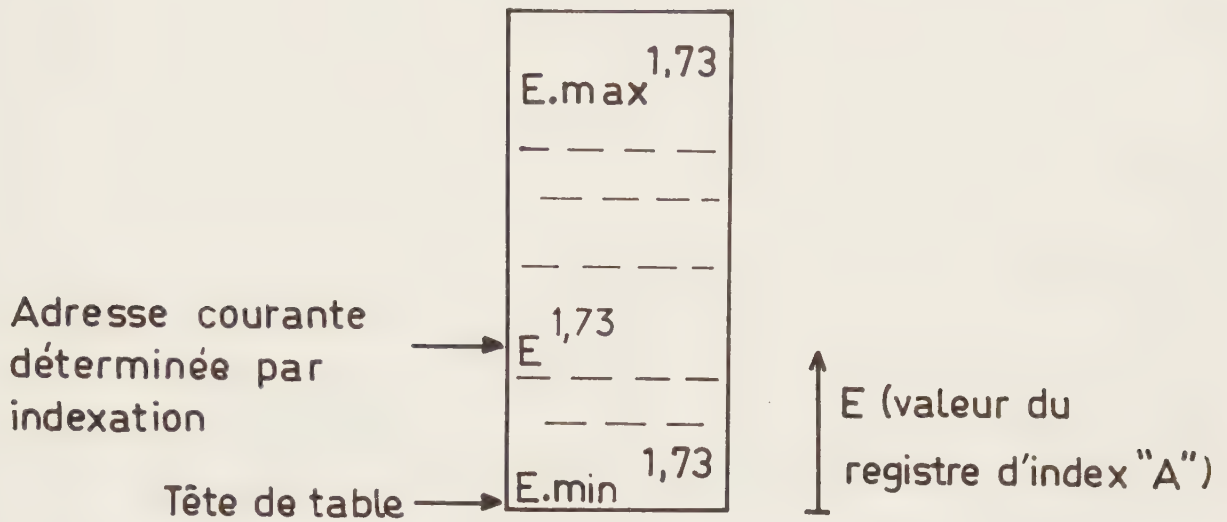


Table de valeurs de la fonction $Q=E$ ^{1,73}

Fig.44

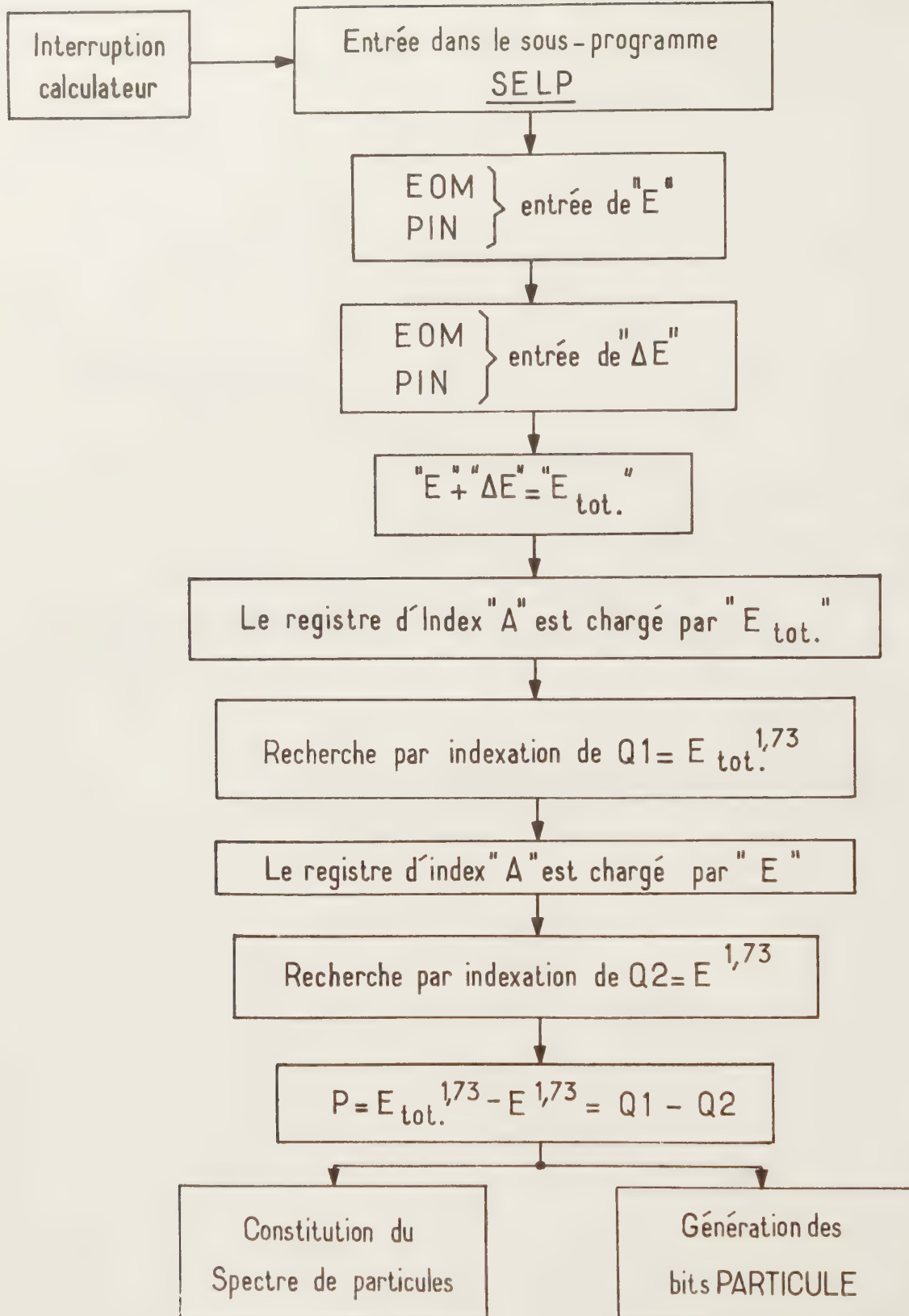


Fig.45

D - Exemple de programmes de sélection de particules.

Nous allons donner, à titre d'exemple, des programmes valables pour la sélection des particules.

Ce sont des programmes qui obligent à des consultations de tables. Si l'on veut que la méthode d'identification soit précise, il faut que les dimensions de la table soient assez grandes. Il en résulte donc une place occupée en mémoire assez importante pour la sélection de particules, et, du fait des recherches et des comparaisons, un temps d'identification non négligeable. L'utilisation d'un calculateur possédant un registre d'index facilite ces opérations de consultation de tables.

On peut, par exemple, employer la formule suivante basée sur des relations parcours énergie ⁽¹⁰⁾.

$$P = E_{\text{tot}}^{1,73} - (E_{\text{tot}} - \Delta E)^{1,73}$$

dans laquelle P à une valeur fonction de la particule. On constitue une table de valeurs de la fonction $E^{1,73}$, l'entrée de la variable E se fait par indexation. Par exemple : E_0 est chargé dans le registre d'index qui permet d'accéder au contenu $E_0^{1,73}$ d'une adresse directement liée à E_0 . Cette table est schématisée sur la figure 44.

Le programme répond dans ses grandes lignes à l'organisation suivante : d'abord deux séquences EOM, PIN qui permettent de rentrer dans le calculateur les informations E et ΔE . Ayant fait la somme $E + \Delta E = E_{\text{tot}}$, on cherche par indexation, dans la table de la fonction $E^{1,73}$, les valeurs de $E_{\text{tot}}^{1,73}$ et de $(E_{\text{tot}} - \Delta E)^{1,73}$ afin d'avoir $P = E_{\text{tot}}^{1,73} - (E_{\text{tot}} - \Delta E)^{1,73}$, il peut y avoir deux orientations possibles visibles sur l'organigramme de la figure 45.

1. Soit constituer le spectre de particules.
2. Soit générer les bits particuliers à la particule afin de compléter le descripteur.

Le spectre de particules est constitué à partir des valeurs de P croissantes. Les pics correspondant à chaque particule permettent de choisir les bornes des valeurs de P correspondant à une particule en les sélectionnant, grâce au crayon photosensible.

Pour générer les bits "particule", spécifique d'une particule, on comparera la valeur P_i obtenue aux différents seuils des particules. Un compteur du nombre de comparaisons effectuées donnera directement la valeur des bits particule.

Nous donnons sur la figure 46, l'organigramme de ce programme. PAR est la tête du tableau des bornes des valeurs correspondant aux particules.

Le tableau est le suivant :

	S_p	(seuil proton)
	S_d	(seuil deuton)
	S_t	(seuil triton)
	S_z	(seuil ^3He)
PAR	S_α	(seuil ^4He)

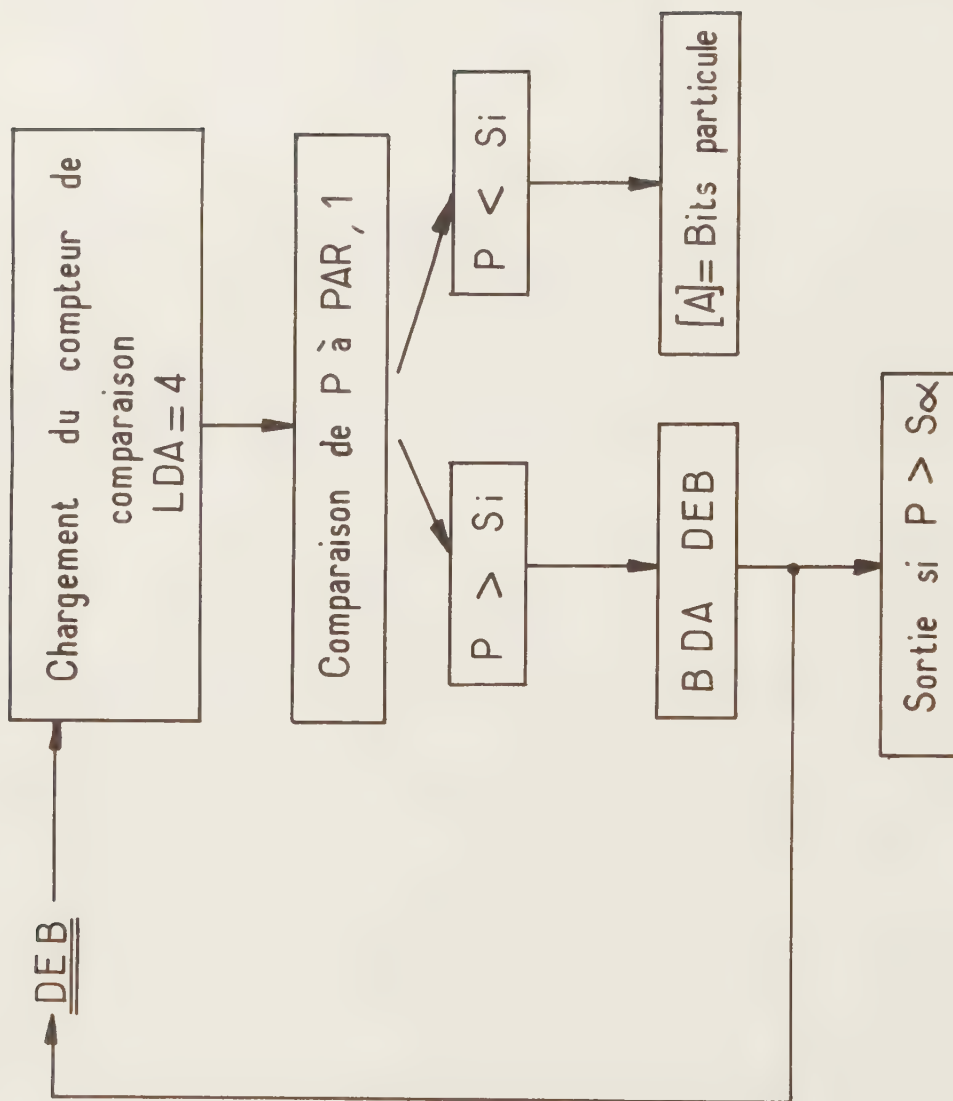


Fig 46

Nous retrouvons, dans le registre A, la valeur des bits particule. Ceux-ci complètent les bits précédemment rentrés dans le calculateur pour former le descripteur.

Dans la sélection de particules, le calculateur a simplifié l'appareillage électronique. S'il avait fallu faire cette discrimination par des circuits câblés, il nous aurait fallu pour les 16 chaînes de détection un matériel électronique important. La mise au point de tous les seuils des sélecteurs de bande aurait été longue et délicate. La visualisation du spectre de particules permet une détermination des valeurs de seuils plus rapide.

CONCLUSION

Nous nous proposons d'intégrer le calculateur C90-10 à l'ensemble expérimental de détection du cyclotron à énergie variable de Saclay. Le premier essai en ligne du calculateur fut réalisé avec succès en juillet 1966. Les expériences pour lesquelles il fut intégré étaient du même type que celles entreprises actuellement. La diffusion élastique et inélastique des protons polarisés ne se faisait alors qu'avec huit angles de détection. On peut dire que ces expériences étaient des versions simplifiées de celles à seize angles de détection.

Bien que celles-ci ne débutent que maintenant, il est à remarquer que l'emploi d'analyseurs multicanaux seuls n'aurait pas suffi, même pour le simple stockage des données du fait de leur trop grand nombre.

Le système, tel qu'il est, bien que modeste, peut s'étendre tant du point de vue des périphériques classiques de l'unité centrale, que du point de vue d'unités spécialisées. Nous pouvons même envisager des connections entre le C90-10 et les deux PD P-8 que le service a acquis récemment.

REFERENCES

- (1) J.C. BRUN, G. VEROUST et C. VICTOR, J. Phys., Série Phys. Appliquée, Supp. n°6, 1962, 23, 129A.
- (2) Proc. Conf. on the "Utilization of Multiparameter Analysers in Nuclear Physics", Grossinger, N.Y., 12-15 Nov 1962.
- (3) Proc. Conf. on the "Automatic Acquisition and Reduction of Nuclear Data" Karlsruhe, 1964
- (4) J. DELAUNAY, C. GLASHAUSSER, P. KOSSANYI, R. de SWINIARSKI et J. THIRION, compte rendu d'activité (1.10.65 - 30.9.66), Département de Physique Nucléaire, Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay, p. 105
- (5) P. CATILLON, M. CHAPPELLIER, D. GARRETA et J. KIRSCH, Compte rendu d'activité (1.10.65 - 30.9.66) Département de Physique Nucléaire, Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay, p.111.
- (6) O. BEER, M. GENDROT, P. LOPATO, J. SAUDINOS et G. VALLOIS, Compte rendu d'activité (1.10.65-30.9.66), Département de Physique Nucléaire, Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay, P. 117.
- (7) R. CHAMINADE et A. FALCOZ, "Ensemble de détection des particules chargées au cyclotron de Saclay", Congrès de l'Université de Liège, 1964..
- (8) J.A. JONES, On line computers : a survey of techniques and concepts applied to low-energy nuclear research, notice technique éditée par Digital Equipment Corporation.
- (9) R. CHAMINADE, M. LECHACZYNSKI, J.C. LUGOL et J. PAIN, Compte rendu d'activité (1.10.65 - 30.9.66) Département de Physique Nucléaire, Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay, p. 138.
- (10) GOULDING et al., I.E.E.E. Trans Nucl. Sci., 1964, NS11, 388.
- (11) B. SOUČECK, Nucl. Instr. Methods, 1965, 36, 181.
- (12) B. SOUČECK, Rev. Sci, Instr. 1965, 36, 750.
- (13) Melle BEAUVAL, "Utilisation en analyse multiparamétrique de méthodes de simulation de mémoire associative à l'aide de mémoire programme", Service de Calcul Electronique, Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay , Rapport n° 259, Nov. 1966.

Manuscrit reçu le 15 janvier 1968

LEGENDE DES FIGURES

- Fig.1 - Système expérimental.
- Fig.2 - Chaîne élémentaire de détection.
- Fig.3 - Composition du descripteur de l'événement.
- Fig.4 - Types de représentations utiles en physique nucléaire.
- Fig.5 - Représentation isométrique (perspective cavalière).
- Fig.6 - Interfaces entre le calculateur et les organes d'acquisition.
- Fig.7 - Fonctionnement en acquisition.
- Fig.8 - Format de l'instruction EOM.
- Fig.9 - Logique de contrôle de mémorisation.
- Fig.10 - Échantillonnage des bistables de mémorisation des bits EOM.
- Fig.11 - Unité de visualisation simplifiée.
- Fig.12 - Unité de visualisation spécifique pour le calculateur C9010.
- Fig.13 - Première unité de visualisation réalisée au laboratoire.
- Fig.14 - Système de visualisation plus général.
- Fig.15 - Schéma simplifié du système de visualisation avec unité centrale.
- Fig.16 - Unité centrale de visualisation.
- Fig.17 - Poste local de visualisation.
- Fig.18 - Combinaisons linéaires pour les différentes représentations.
- Fig.19 - Registre de contrôle : bistable.
- Fig.20 - Répartition des gammes d'extension.
- Fig.21 - Annulation des bits de Y communs avec les bits de X.
- Fig.22 - Modes de sortie.
- Fig.23 - Générateur de séquences.
- Fig.24 - Matrice de programmation des décalages.
- Fig.25 - Mode M4.
- Fig.26 - Bistable du générateur de séquences.
- Fig.27 - Mode M8.
- Fig.28 - Registre de reconstitution d'adresses : bistables.
- Fig.29 - Avance et visualisation.
- Fig.30 - Cas d'une génération de caractères en mode rapide.
- Fig.31 - Ensemble du registre de reconstitution d'adresses.
- Fig.32 - Matrices de câblage des gammes d'extension X et d'extension Y.
- Fig.33 - Registre contenu.

Fig.34 - Matrice de câdrage du contenu.

Fig.35 - Visualisation de trois contenus en double précision dans le mode M5.

Fig.36 - Visualisation de trois contenus en double précision dans le mode M5

Fig.37 - Registre contenu : bistable.

Fig.38 - Visualisation d'un spectre, stocké avec une technique de table de dépassement de capacité.

Fig.39 - Format conventionnel d'un mot calculateur correspondant à un point d'un caractère.

Fig.40 - Organigramme du premier programme moniteur PP.

Fig.41 - Electronique de détection utilisée dans les expériences de diffusion de protons polarisés.

Fig.42 - Rangement des cellules en arbre.

Fig.43 - Cellule élémentaire du programme OVER.

Fig.44 - Table de valeurs de la fonction $Q = E^1,73$.

Fig.45 - Exemple d'organigramme pour un programme de sélection de particules (SELP).

Fig.46 - Organigramme possible pour un programme de génération des bits particule.

DEUXIEME THESE

Propositions données par la Faculté

Vu et approuvé :
Orsay, le 22 Mai 1967
Le Doyen de la Faculté des Sciences,

J. BERGERARD.

Vu et Permis d'imprimer :
Le Recteur de l'Académie de Paris,

J. ROCHE.

